



TUGAS AKHIR TF 145565

**RANCANG BANGUN SISTEM PENGENDALIAN SUHU
PADA TANGKI REAKTOR *PLANT FLUIDIZED BED
REACTOR***

**Agung Marhamsyah
NRP. 2414 031 035**

**Dosen Pembimbing
Gunawan Nugroho, ST. MT. Ph.D
NIP. 19771127 200212 1 002**

**PROGRAM STUDI D3 TEKNIK INSTRUMENTASI
DEPARTEMEN TEKNIK INSTRUMENTASI
FAKULTAS VOKASI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2017**



TUGAS AKHIR – TF 145565

**RANCANG BANGUN SISTEM
PENGENDALIAN SUHU PADA TANGKI
REAKTOR *PLANT FLUIDIZED BED*
REACTOR PENGOLAHAN *OIL SLUDGE***

**AGUNG MARHASYAH
NRP. 2414 031 035**

**Dosen Pembimbing
Gunawan Nugroho, ST. MT. Ph.D
NIP. 19771127 200212 1 002**

**DEPARTEMEN TEKNIK INSTRUMENTASI
FAKULTAS VOKASI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA 2017**



FINAL PROJECT – TF 145565

***DESIGN OF TEMPERATURE CONTROL
SYSTEM AT REACTOR TANK PLANT
FLUIDIZED BED REACTOR OIL SLUDGE
PROCESS***

***AGUNG MARHAMSYAH
NRP. 2414 031 035***

***Super Visor
Gunawan Nugroho, ST. MT. Ph.D
NIP. 19771127 200212 1 002***

***DEPARTMENT OF INSTRUMENTATION ENGINEERING
FACULTY OF VOCATION
SEPULUH NOPEMBER INSTITUTE OF TECHNOLOGY
SURABAYA 2017***

**RANCANG BANGUN SISTEM PENGENDALIAN
SUHU PADA TANGKI REAKTOR *PLANT*
*FLUIDIZED BED REACTOR***

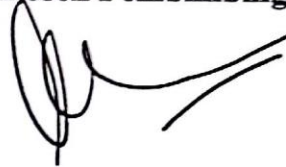
TUGAS AKHIR

Oleh :

AGUNG MARHAMSYAH
NRP. 2414 031 035

Surabaya, 25 Juli 2017
Mengetahui / Menyetujui

Dosen Pembimbing



Gunawan Nugroho, ST. MT. Ph.D
NIP. 19771127 200212 1 002

Kepala Departemen
Teknik Instrumentasi FV – ITS



**RANCANG BANGUN SISTEM PENGENDALIAN
SUHU PADA TANGKI REAKTOR *PLANT*
*FLUIDIZED BED REACTOR***

TUGAS AKHIR

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Ahli Madya
Pada
Program Studi D3 Teknik Instrumentasi
Departemen Teknik Instrumentasi
Fakultas Vokasi
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh :
AGUNG MARHAMSYAH
NRP. 2414 031 035

Disetujui oleh Tim Penguji Tugas Akhir :

1. Gunawan Nugroho, ST. MT. Ph.D. (Dosen Pembimbing)
2. Hendra Cordova, ST, MT. (Ketua Tim Penguji)
3. Totok Ruki Biyanto, ST, MT. Ph.D. (Dosen Penguji 1)
4. Murry Raditya, ST, MT. (Dosen Penguji 2)

**SURABAYA
JULI 2017**

RANCANG BANGUN SISTEM PENGENDALIAN SUHU PADA TANGKI REAKTOR *PLANT FLUIDIZED BED* REACTOR

Nama : Agung Marhamsyah
NRP : 2414031035
Departemen : Teknik Instrumentasi, FV - ITS
Dosen Pembimbing : Gunawan Nugroho, ST. MT. Ph.D

Abstrak

Kegiatan eksploitasi yang meliputi pengeboran dan penyelesaian sumur, penyimpanan, dan pengolahan untuk pemisahan dan permukiman minyak bumi sering mengakibatkan terjadinya pencemaran minyak. Limbah lumpur minyak ini dapat diolah menjadi minyak mentah kembali (crude oil) menggunakan Fluidized Bed Reactors. Di dalam proses ini suhu pada reactor sangat berperan penting, sehingga dibutuhkan pengendalian suhu yang dijaga konstan untuk memanaskan sludge agar dapat menguap dan minyak mentah dapat dipisahkan dari lumpur. Dari penelitian yang dilakukan, Perancangan sistem pengendalian suhu yang dibuat menggunakan sensor temokopel type k, mikrokontroler Atmega 32 dan aktuator valve yang digerakan dengan motor servo, Hasil pengukuran ditampilkan pada LCD 20x4 dan software visual studio sebagai display pada komputer. Dari hasil percobaan didapatkan bahwa pengukuran dengan termokopel memiliki ketidakpastian sebesar $\pm 1,2192$ dengan tingkat kepercayaan 95%. Sedangkan sistem pengendalian suhu reactor pada setpoint 100 °C memiliki Settling time 1 jam 28 menit, Maksimum Overshoot sebesar 0,1°C, dan Error steady state rata-rata 0,522.

Kata Kunci : Sistem Pengendalian Suhu, Karakteristik Statik

**DESIGN OF TEMPERATURE CONTROL SYSTEM AT
REACTOR TANK OIL SLUDGE PROCESS PLANT
FLUIDIZED BED REACTOR**

Name : Agung Marhamsyah
NRP : 2414031035
Department : Instrumentation Engineering, FV - ITS
Advisor Lecturer : Gunawan Nugroho, ST. MT. Ph.D

Abstract

Exploitation activities which include drilling and well completion, storage, and processing for oil separation and permission often result in oil pollution. This oil sludge waste can be processed into crude oil using Fluidized Bed Reactors. In this process the temperature at the reactor is critical, requiring constant temperature control to heat the sludge in order to evaporate and the crude oil can be separated from the mud. From the research, the temperature control system created using k type thermocouple sensor, Atmega 32 microcontroller and valve actuator driven by servo motor, The measurement result is displayed on LCD 20x4 and visual studio software as display on computer. From result of experiment it is found that measurement with thermocouple have uncertainty equal to $\pm 1,2192$ with 95% confidence level. Whereas temperature control system of reactor at setpoint 100 °C has settling time 1 hour 28 minutes 29 s, Maximum Overshoot is 0,1°C, and steady state error is flat 0,522.

Keywords : Temperature Control, Static Characteristics

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kehadiran Allah SWT atas limpahan rahmat dan hidayah-Nya serta shalawat dan salam kepada Nabi Muhammad SAW sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir yang berjudul **“Rancang Bangun Sistem *Monitoring Konsentrasi Gas Karbon Dioksida (CO₂)* Sebagai Emisi Gas Buang Menggunakan Sensor Mg 811 Berbasis *Stm32f4 Discovery*”**. Penulis telah banyak mendapatkan bantuan dari berbagai pihak dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini. Untuk itu penulis mengucapkan terima kasih kepada :

1. Bapak Dr. Ir. Purwadi Agus Darwito, M.Sc yang telah sabar memberikan dukungan, bimbingan, serta ilmu yang sangat bermanfaat.
2. Bapak Dr. Ir. Ali Musyafa', M.T selaku dosen pembimbing yang senantiasa memberikan motivasi, bimbingan dan arahan dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
3. Bapak dan ibu penguji Tugas Akhir yang telah banyak memberikan masukan dan arahan dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
4. Bapak dan ibu kepala Laboratorium di Teknik Fisika yang telah memberikan sarana dan prasarana guna menunjang pelaksanaan Tugas Akhir ini.
5. Bapak dan Ibu dosen Teknik Instrumentasi yang telah memberikan ilmu selama kuliah.
6. Seluruh Staf Jurusan Teknik Instrumentasi yang telah membantu penulis dalam hal administrasi.
7. Kedua orang tua dan seluruh keluarga besar tercinta yang senantiasa memberikan dukungan, semangat dan do'a kepada penulis.
8. Teman-teman seperjuangan dalam mengerjakan Tugas Akhir Tim *monitoring concentration system gas* (Lailatul Mufida, Atik Sinawang, dan Haryo Arif Wicaksono), Teman-teman D3 Teknik Instrumentasi lainnya serta

teman-teman S1 Teknik Fisika angkatan 2014 yang selalu memotivasi penulis.

Penulis menyadari bahwa penulisan laporan Tugas Akhir ini tidaklah sempurna. Oleh karena itu sangat diharapkan kritik dan saran yang membangun dari semua pihak sehingga mencapai sesuatu yang lebih baik lagi. Penulis juga berharap semoga laporan ini dapat menambah wawasan yang bermanfaat bagi pembacanya.

Surabaya, Juli 2017

Penulis.

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
LEMBAR PENGESAHAN	iii
ABSTRAK	v
ABSTRACT	vi
KATA PENGANTAR	vii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR TABEL	xiii

BAB I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah.....	2
1.3 Lingkup Kajian	2
1.4 Tujuan	3
1.5 Manfaat	3

BAB II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 <i>Oil Sludge</i>	5
2.2 Thermocouple Type K	5
2.3 Fluidized Bed Reactor.....	6
2.4 Suhu	7
2.5 Max 6675	8
2.6 <i>Ball valve</i>	9
2.7 <i>Motor Servo</i>	10
2.8 <i>Mikrokontroler Atmega 32</i>	11
2.9 <i>Liquid Crystal Display (LCD</i>	13
2.10 <i>Software Code Vision AVR</i>	15
2.11 Sistem Pengendalian Proses.....	15

BAB III. PERANCANGAN DAN PEMBUATAN ALAT

3.1 Diagram Alir Perancangan dan Pembuatan Alat	17
3.2 Studi Literatur	18
3.3 Perancangan Sistem dan Pembuatan Alat.....	18

3.4	Integrasi.....	27
3.5	Pengujian Alat.....	27
3.6	Pengambilan Data	28
3.7	Analisa dan Pembahasan.....	29
3.8	Penulisan laporan	29

BAB IV. PENGUJIAN ALAT DAN PEMBAHASAN

4.1	Analisis Data	31
4.2	Pengujian Alat Ukur Suhu	34
4.3	Pengujian Sistem Pengendalian Suhu	42
4.4	Pembahasan.....	45

BAB V. PENUTUP

5.1	Kesimpulan	47
5.2	Saran	47

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN A	(<i>Datasheet</i> Sensor Termocouple type K)A-1
LAMPIRAN B	(<i>Datasheet</i> Max 665).....	B-1
LAMPIRAN C	(<i>Datasheet</i> Motor Servo MG996R Tower Pro)	C-1
LAMPIRAN D	(<i>Datasheet</i> Mikrokontroller Atmega 32)..	D-1
LAMPIRAN E	(<i>Listing Program</i>).....	E-1
BIOGRAFI PENULIS		

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	<i>Oil Sludge</i>	5
Gambar 2.2	<i>Thermocouple</i>	6
Gambar 2.3	<i>Fluidized Bed Reactor</i>	7
Gambar 2.4	Max 6675	8
Gambar 2.5	<i>Schematic Rangkaian Max 6675</i>	9
Gambar 2.6	<i>Ball Valve</i>	10
Gambar 2.7	<i>Motor Servo MG996R Tower Pro</i>	11
Gambar 2.8	<i>Mikrokontroler Atmega32</i>	12
Gambar 2.9	Konfigurasi Pin Mikrokontroler Atmega 32	12
Gambar 2.10	<i>Liquid Crystal Display</i>	14
Gambar 2.11	Sistem Pengendalian Proses.....	16
Gambar 3.1	Diagram Alir Tugas Akhir	17
Gambar 3.2	<i>P&ID Plant Fluidized Bed Reactor</i>	20
Gambar 3.3	P&ID Sistem Pengendalian Suhu	20
Gambar 3.4	<i>Plant Fluidized Bed Reactor</i>	21
Gambar 3.5	Tangki Reaktor.....	22
Gambar 3.6	Diagram Blok Pengendalian Suhu	22
Gambar 3.7	Konfigurasi Sensor <i>Thermocouple type K</i>	24
Gambar 3.8	Konfigurasi Motor Servo	25
Gambar 3.9	Konfigurasi <i>Display LCD</i>	25
Gambar 4.1	<i>P&ID Plant Fluidized Bed Reactor Pengolah Oil Sludge</i>	31
Gambar 4.2	<i>P&ID Reactor</i>	31
Gambar 4.3	Pemasangan <i>Control Valve</i>	32
Gambar 4.4	Tampilan LCD pengukuran suhu <i>reactor</i>	32
Gambar 4.5	Pemasangan Sensor Termokopel	33
Gambar 4.6	Tampilan pembacaan dengan visual studio.....	34
Gambar 4.7	Grafik Pembacaan Alat Standar dan Pembacaan Alat	35
Gambar 4.8	Grafik histerisis.....	38
Gambar 4.9	Diagram Blok <i>Open Loop</i>	43
Gambar 4.10	Grafik <i>Open Loop</i> Sistem Pengendalian Suhu..	43
Gambar 4.11	Daigram Blok Pengendalian Suhu	44
Gambar 4.12	Grafik <i>Close Loop</i> Sistem Pengendalian Suhu .	44

Gambar 4.13 Grafik Respon *Tracking Set Point* Sistem
Pengendalian Suhu45

Gambar 4.14 Diagram Blok *Open Loop*43

Gambar 4.15 Grafik *Open Loop* Sistem Pengendalian Suhu..43

Gambar 4.16 Daigram Blok Pengendalian Suhu44

Gambar 4.17 Grafik *Close Loop* Sistem Pengendalian Suhu .44

DAFTAR TABEL

Tabel 4.1 Data Pengujian Alat Ukur Suhu	34
Tabel 4.2 Data Pengujian Naik dan Turun Sensor Termokopel	36
Tabel 4.1 Data Kalibrasi	39

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kemajuan dalam bidang industri di Indonesia meningkat dari tahun ke tahun. Peningkatan ini memberikan berbagai dampak positif yaitu terbukanya lapangan kerja, membaiknya sarana transportasi dan komunikasi serta meningkatnya taraf sosial ekonomi masyarakat. Suatu kenyataan yang perlu disadari bahwa perkembangan kegiatan industri secara umum juga merupakan sektor yang sangat potensial sebagai sumber pencemaran yang akan merugikan bagi kesehatan dan lingkungan. Salah satu industri yang pertumbuhannya cukup pesat adalah industri perminyakan, yang diawali dengan berdirinya kilang minyak di Indonesia yaitu Unit Pengolahan (UP) I Pangkalan Brandan dengan kapasitas 5.000 barrel/hari, Dumai dan Sungai Pakning dengan kapasitas 170.000 barrel/hari, UP III Plaju dan Sungai Gerong dengan kapasitas 135.000 barrel/hari, dan hingga sekarang kilang minyak yang terbesar mencapai 348.000 barrel per hari pada RU (Refinery Unit) IV Cilacap UP II.[1]

Semakin meningkatnya kebutuhan energi, khususnya pada energi minyak dan gas mengakibatkan meningkatnya kegiatan eksplorasi dan produksi. Kegiatan eksploitasi yang meliputi pengeboran dan penyelesaian sumur, pembangunan sarana pengangkutan, penyimpanan, dan pengolahan untuk pemisahan dan permukiman minyak bumi sering mengakibatkan terjadinya pencemaran minyak pada lahan-lahan di area sekitar aktivitas tersebut berlangsung. Minyak pencemar tersebut mengandung hidrokarbon bercampur dengan air dan bahan-bahan anorganik maupun organik yang terkandung di dalam tanah yang menghasilkan limbah berupa lumpur minyak (*sludge oil*). Dikawatirkan dengan produksi yang terus menerus akan terjadi timbunan limbah yang terus akan bertambah, dan dapat menimbulkan pencemaran lingkungan akibat kontaminasi logam berat.

Limbah lumpur minyak ini dapat dioalah menjadi minyak mentah kembali (*crude oil*) menggunakan *Fluidized Bed Reactors* dengan merubah sifat suatu padatan (*bed*) dalam suatu reaktor menjadi bersifat seperti fluida dikarenakan adanya aliran fluida ke dalamnya, baik berupa liquid maupun gas. Dengan adanya proses ini maka limbah *sludge* dapat diminimalisir dari bahan berbahaya dan beracun (B3) menjadi produk minyak yang lebih murni, dapat mengurangi pencemaran lingkungan dan mampu meng-cover ongkos pengolahan limbah yang mahal. Di dalam proses ini suhu pada reaktor sangat berperan penting, sehigga dibutuhkan pengendalian suhu yang dijaga konstan untuk memanaskan sludge agar dapat menguap dan minyak mentah dapat dipisahkan dari lumpur. Oleh karena itu dibuat tugas akhir ini dengan judul “RANCANG BANGUN SISTEM PENGENDALIAN SUHU PADA TANGKI REAKTOR *PLANT FLUIDIZED BED REACTOR* PENGOLAHAN *OIL SLUDGE*”.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang dijelaskan diatas, maka rumusan masalah dalam Tugas Akhir ini adalah :

1. Bagaimana cara merancang sistem pengendalian suhu pada *fluidized bed reactor* sebagai pemisah minyak pada *sludge oil*?
2. Bagaimana performansi sistem pengendalian suhu pada *fluidized bed reactor* sebagai pemisah minyak pada *sludge oil*?

1.3 Batasan Masalah

Adapun batas ruang lingkup dari penelitian tugas akhir ini yaitu hanya membahas mengenai pengendalian suhu pada *fluidized bed reactor* agar *slude oil* dapat menguap. Sistem pengendalian suhu dimulai dengan pengukuran suhu menggunakan *thermocouple*, *controller* berbasis Mikrokontroller Atmega 32 dan *actuator* berupa motor servo.

1.4 Tujuan

Tujuan dalam pelaksanaan Tugas Akhir ini antara lain :

1. Untuk merancang sebuah sistem pengendalian suhu pada fluidized bed reactor sebagai pemisah minyak pada sludge oil.
2. Untuk performansi sistem pengendalian suhu pada *fluidized bed reactor* sebagai pemisah minyak pada *sludge oil*.

1.5 Manfaat

Manfaat dari Tugas Akhir ini adalah sebagai sistem pengendalian suhu pada *plant Fluidized Bed Reactor* pengolahan *oil sludge* pada reaktor menggunakan *mikrokontroller* Atmega 32 yang mana diharapkan Tugas Akhir ini nantinya dapat dijadikan media pembelajaran dan pengetahuan bagi mahasiswa.

Halaman ini memang dikosongkan

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 *Oil Sludge*

Oil sludge adalah endapan berupa lumpur atau pasta berwarna hitam yang tercampur dengan tanah, kerikil, air dan bahan lainnya. Endapan tersebut semakin lama semakin menumpuk pada bagian bawah dari tangki-tangki penyimpanan atau pada pipa-pipa penyaluran bahan bakar minyak sehingga dapat menyumbat pipa, mengurangi kapasitas operasional dari tangki penyimpanan minyak serta mempercepat proses korosi.



Gambar 2.1 *Oil Sludge*

Oil sludge dalam kegiatan industri minyak dan gas bumi dapat terjadi dalam peralatan : *Crude oil tank bottom*, *Fuel oil tank bottom*, *Bunker fuel tank bottom*, *Oil separator bottom*, *Jet fuel tank bottom*, *Avigas tank bottom*, *Unleaded gasoline tank bottom*, *Diesel tank bottom*, *Leaded gasoline tank bottom*, dan peralatan lainnya.

2.2 *Thermocouple Type K*

Thermocouple adalah salah satu jenis alat ukur temperatur yang menggunakan prinsip termoelektris pada sebuah material. Seperti yang telah saya singgung pada artikel sebelumnya, alat ini tersusun atas dua konduktor listrik dari material yang berbeda

yang dirangkai membentuk sebuah rangkaian listrik. Jika salah satu dari konduktor tersebut dijaga pada temperatur yang lebih tinggi daripada konduktor lainnya sehingga ada diferensial temperatur, maka akan timbul efek termoelektris yang menghasilkan tegangan listrik. Besar tegangan listrik yang terbentuk tergantung dari jenis material konduktor yang digunakan, serta besar perbedaan temperatur antara dua konduktor tersebut.

Terdapat berbagai jenis *thermocouple* diantaranya, tipe B, E, J, K, N, R, S, dan T. *Thermocouple* tipe K terbuat dari campuran crome/ alumel, *thermocouple* ini harganya murah dengan tingkat sensitifitas tinggi dan jangkauan pengukuran dari -200°C hingga $+1200^{\circ}\text{C}$. [2]

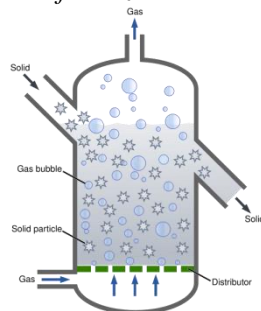


Gambar 2.2 *Thermocouple*

2.3 Fluidized Bed Reactor

Fluidisasi merupakan salah satu bentuk peristiwa dimana partikel berfase padatan diubah menjadi fase yang memiliki perilaku layaknya fluida cair dengan cara diberi kontak dengan gas atau cairan. Fenomena fluidisasi ini berlangsung pada media yang dikenal dengan sebutan *fluidized bed reactor*. *Fluidized bed reactor* merupakan suatu media yang berbentuk bejana yang berisikan partikel berfase padat yang kemudian akan dialiri oleh

fluida hingga terfluidisasi. Peristiwa fluidisasi ini terjadi akibat adanya gaya drag yang bekerja pada partikel berfasa padat yang mana disebabkan karena aliran fluida yang bergerak dari bawah ke atas yang lebih besar daripada gaya gravitasi dan gaya antar partikel. Dalam pengaplikasiannya, *fluidized bed reaktor* pada umumnya tidak hanya menggunakan satu jenis partikel melainkan menggunakan lebih dari satu jenis partikel. Penggunaan lebih dari satu jenis partikel dalam *bed* menyebabkan munculnya fenomena pencampuran maupun pemisahan partikel ketika *fluidized bed reaktor* beroperasi.[3]



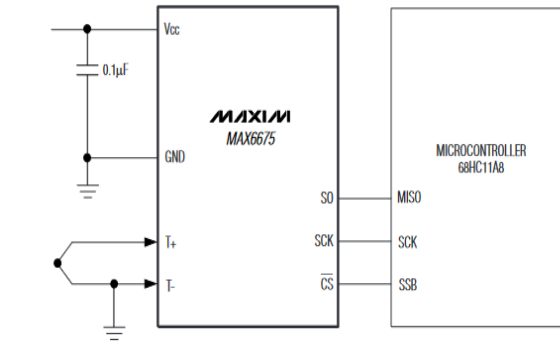
Gambar 2.3 *Fluidized Bed Reactor*

2.4 Temperature (Suhu)

Temperatur adalah suatu besaran fisika yang secara mikroskopik dapat dikatakan sebagai amplitudo energi gerak atom atau molekul. Energi ini disebut dengan energi panas yang disebabkan karena adanya interaksi atom atau molekul tersebut. Dalam ilmu termodinamika, temperatur merupakan suatu ukuran kecenderungan bentuk atau sistem untuk melepaskan energi secara spontan. Temperatur atau suhu merupakan sebuah fenomena fisika dari suatu sistem yang merupakan dasar dari anggapan lazim "panas" dan "dingin" nya suatu benda, yakni sesuatu yang lebih panas mempunyai suhu yang lebih tinggi. Suhu datangny dari gerakan-gerakan mikroskopik dan berkaitan dengan tenaga gerakan-gerakan mikroskopik ini. [4]

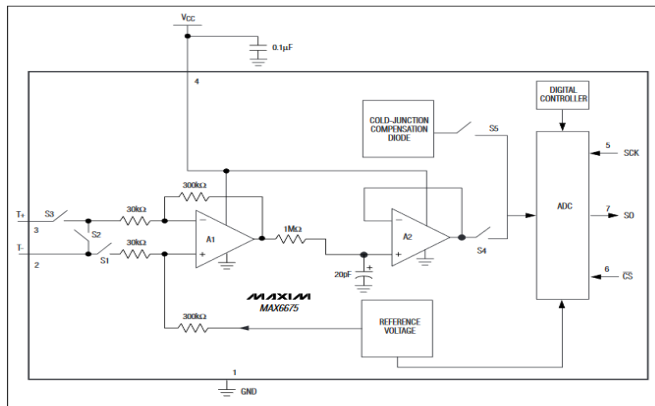
2.5 MAX6675

MAX6675 merupakan sebuah *converter* pengganti *cold-junction* dan pendigitalan sinyal dari *Thermocouple* tipe-K. Data yang diberikan adalah *output* dalam resolusi 12-bit, kompatibel dengan SPI™, dan hanya Format *Read Only*. *Converter* ini mampu membaca suhu sampai 0,25 ° C, dan memungkinkan pembacaan suhu tinggi sampai + 1024 ° C, Dengan akurasi thermocouple 8 LBs untuk suhu mulai dari 0 ° C hingga + 700 ° C.



Gambar 2.4 Blok Diagram MAX6675

MAX6675 merupakan *thermocouple digital converter* canggih, dengan *built in 12-bit analog ke digital (ADC)*. MAX6675 juga merupakan *cold-junction compensation sensing, digital controller, SPI-compatible interface dan control logic*. MAX6675 dapat dengan mudah dikoneksikan ke Arduino atau *minsys* lainnya menggunakan komunikasi SPI.[5]



Gambar 2.5 Schematic rangkaian MAX6675

MAX6675 termasuk perangkat *signal-condition* untuk mengkonversi sinyal *thermocouple* ke dalam tegangan yang kompatibel dengan saluran masukan dari ADC. T + dan T inputs terhubung ke sirkuit internal yang mengurangi kesalahan/error dari kabel *thermocouple*. Sebelum mengubah tegangan *thermoelectric* ke nilai suhu yang setara, perlu mengimbangi perbedaan antara sisi *cold-junction thermocouple* (suhu ambient MAX6675) dan 0 ° C referensi virtual. Untuk termokopel tipe-K, perubahan tegangan terjadi pada 41µV/°C, yang mendekati Karakteristik *thermocouple* secara linear.

$$V_{out} = (41\mu V / ^\circ C) \cdot 5 (T_R - T_{amb}) \dots\dots\dots (2.1)$$

Dimana:

V_{out} adalah tegangan keluaran *thermocouple* (µV).

T_R adalah suhu *thermocouple junction* (°C).

2.6 Ball Valve

Control Valve adalah suatu jenis pengendali akhir atau *final control element* yang paling umum digunakan untuk memanipulasi proses laju aliran fluida. Suatu proses aliran fluida pada control valve bekerja tidak hanya pada posisi menutup

secara penuh (*fully closed*) atau membuka secara penuh (*fully opened*) tetapi dapat juga dikendalikan melalui *manipulated variable* atau input dari suatu proses yang dapat dimanipulasi atau diubah-ubah untuk mengatur besaran bukaan valve agar proses variabel selalu sama dengan set point yang dikehendaki. Contoh jenis dari control valve adalah manual valve. Manual valve adalah katup-katup yang terpasang di saluran fluida gas atau cair yang cara pengoperasiannya masih didominasi oleh manusia yaitu pada saat membuka atau menutup aliran fluidanya. Tipe katup yang dioperasikan secara manual banyak ragamnya, antara lain : *ball, globe, butterfly, gate* dan lain-lain. Adapun alat untuk membuka/menutup katup secara manual yaitu tipe : *level/tungkai, hand wheel*/berbentuk *steer mobil* yang terdapat pada katup tersebut.[6]



Gambar 2.6 *Ball Valve*

Keuntungan dari penggunaan *ball valve* adalah *low maintenance*, dapat digunakan untuk temperatur tinggi, dan juga harga yang relatif terjangkau. Selain itu dipasaran ukuran ball valve tersedia dari 1/4"- 6 ". Kerugian dari penggunaan *ball valve* adalah kecenderungan timbulnya kavitasi.

2.7 Motor Servo

Motor servo adalah sebuah perangkat atau aktuator putar (motor) yang dirancang dengan sistem kontrol umpan balik loop tertutup (servo), sehingga dapat di set-up atau di atur untuk menentukan dan memastikan posisi sudut dari poros output

motor untuk menggerakkan *valve*. Motor servo terdiri dari motor DC, serangkaian *gear*, rangkaian kontrol dan potensiometer. Potensiometer berfungsi untuk menentukan batas sudut dari putaran servo. Sedangkan sudut dari sumbu motor servodiaturnya berdasarkan lebar pulsa yang dikirim melalui kaki sinyal dari kabel motor.[7]



Gambar 2.7 Motor Servo MG996R Tower Pro

2.8 Mikrokontroler ATmega32

Mikrokontroler adalah IC yang dapat diprogram berulang kali, baik ditulis atau dihapus. Biasanya digunakan untuk pengendalian otomatis dan manual pada perangkat elektronika.

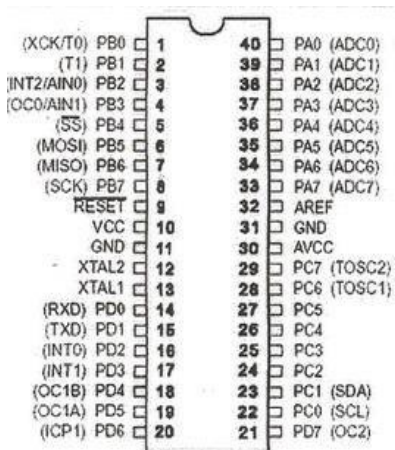
Beberapa tahun terakhir, mikrokontroler sangat banyak digunakan terutama dalam pengendalian robot. Seiring perkembangan elektronika, mikrokontroler dibuat semakin kompak dengan bahasa pemrograman yang juga ikut berubah. Salah satunya adalah mikrokontroler AVR (*Alf and Vegard's Risc Processor*) Atmega32 yang menggunakan teknologi RISC (*Reduce Instruction Set Computing*) dimana program berjalan lebih cepat karena hanya membutuhkan satu siklus *clock* untuk mengeksekusi satu instruksi program. Secara umum, AVR dapat dikelompokkan menjadi 4 kelas, yaitu kelas ATtiny, keluarga AT90Sxx, keluarga ATmega, dan AT86RFxx. Pada dasarnya yang membedakan masing-masing kelas adalah memori,

peripheral, dan fungsinya. Dari segi arsitektur dan instruksi yang digunakan, mereka bisa dikatakan hampir sama.[8]



Gambar 2.8 Mikrokontroler Atmega32

Dalam mikrokontroler Atmega32 ini terdapat konfigurasi tersendiri agar dapat digunakan dengan baik dan benar. Konfigurasi tersebut digunakan untuk pengontrolan suatu instrumen yang digunakan. Selain itu, dengan konfigurasi kita dapat menentukan di *port* manakah kita memasukkan kodingan yang telah disusun dalam *software* tertentu yang ada pada komputer atau laptop. Di bawah ini merupakan konfigurasi *pin* AVR ATmega 32:



Gambar 2.9 Konfigurasi Kaki (*Pin*) ATmega32

Konfigurasi *pin* ATmega32 dengan kemasan 40 *pin* DIP (*Dual In-Line package*) dapat dilihat pada gambar diatas. Dari gambar diatas dapat dijelaskan fungsi dari masing-masing *pin* ATmega 32 sebagai berikut:

- a. VCC merupakan *pin* yang berfungsi sebagai masukan catu daya.
- b. GND merupakan *pin ground*.
- c. Port A (PA0...PA7) merupakan *pin* I/O dan *pin* ADC.
- d. Port B (PB0....PB7) merupakan *pin* I/O dan *pin* yang mempunyai fungsi khusus yaitu *timer/counter*, komparator *analog* dan SPI.
- e. Port C (PC0....PC7) merupakan *port* I/O dan *pin* yang mempunyai fungsi khusus yaitu komparator *analog* dan *timer oscillator*.
- f. Port D (PD0....PD7) merupakan *port* I/O dan *pin* fungsi khusus yaitu komparator *analog* dan *interrupt* eksternal serta komunikasi *serial*.
- g. RESET merupakan *pin* yang digunakan untuk me-reset mikrokontroler.
- h. XTAL 1 dan XTAL 2 merupakan *pin* masukan *clock* eksternal.
- i. AVCC merupakan *pin* masukan tegangan untuk ADC.
- j. AREF merupakan *pin* masukan tegangan referensi untuk ADC.

2.9 Liquid Crystal Display (LCD)

Liquid Crystal Display (LCD) adalah suatu alat untuk *display* berbagai *character*. LCD ini mempunyai beberapa ukuran mengikuti bilangan *character* seperti 20x4. 20x4 *character* bermakna LCD tersebut mempunyai 20 kolom dan 4 baris. LCD ini mempunyai 16 *pin*.



Gambar 2.10 *Liquid Crystal Display*

LCD karakter dalam pengendaliannya cenderung lebih mudah dibandingkan dengan LCD grafik. Namun ada kesamaan diantara keduanya, yaitu inisialisasi. Inisialisasi adalah prosedur awal yang perlu dilakukan dan dikondisikan kepada LCD agar LCD dapat bekerja dengan baik. Hal ini sangat penting ditentukan dalam proses inisialisasi adalah jenis *interface* (antar muka) antara yang dapat digunakan dalam pengendalian LCD karakter.

Untuk dapat mengendalikan LCD karakter dengan baik, tentu perlu koneksi yang benar. Koneksi yang benar dapat diwujudkan dengan cara mengetahui *pins* antarmuka yang dimiliki oleh LCD karakter tersebut . Untuk mengakses LCD 20x4 harus melakukan konfigurasi pin dari LCD dengan pin I/O mikrokontroler tersebut.[9]

Berikut tabel deskripsi pin pada LCD :

No	Symbol	Function
1	VSS	GND pin, 0V
2	VDD	Positive power pin, +5V
3	V0	LCD drive voltage input pin
4	RS	Data/Instruction select input pin
5	R/W	Read/Write select input pin
6	E	Enable input pin
7-14	D0-D7	Data bus line
15	Led A	Led power supply
16	Led K	Led power supply

2.10 *Software Code Vision AVR*

Code Vision AVR merupakan sebuah *cross-compiler C*, *Integrated Development Environment (IDE)*, dan *Automatic Program Generator* yang didesain untuk mikrokontroler buatan Atmel seri AVR. *Code Vision AVR* dapat dijalankan pada sistem operasi Windows 95, 98, Me, NT4, 2000, dan XP. *Cross-compiler C* mampu menerjemahkan hampir semua perintah dari bahasa ANSI C, sejauh yang diizinkan oleh arsitektur dari AVR, dengan tambahan beberapa fitur untuk mengambil kelebihan khusus dari arsitektur AVR dan kebutuhan pada sistem *embedded*.

File object COFF hasil kompilasi dapat digunakan untuk keperluan *debugging* pada tingkatan C, dengan pengamatan variabel, menggunakan *debugger Atmel AVR Studio*. IDE mempunyai fasilitas internal berupa *software AVR Chip In-System Programmer* yang memungkinkan untuk melakukan *transfer* program kedalam *chip* mikrokontroler setelah sukses melakukan kompilasi/assembly secara otomatis. *Software In-System Programmer* didesain untuk bekerja dengan *Atmel STK500/AVRISP/AVRProg*, *Kanda System STK200+/300*, *Dontronics DT006*, *Vogel Elektronik VTEC-ISP*, *Futurlec JRAVR* dan *MicroTronics ATCPU/Mega2000 programmers/development boards*. [10]

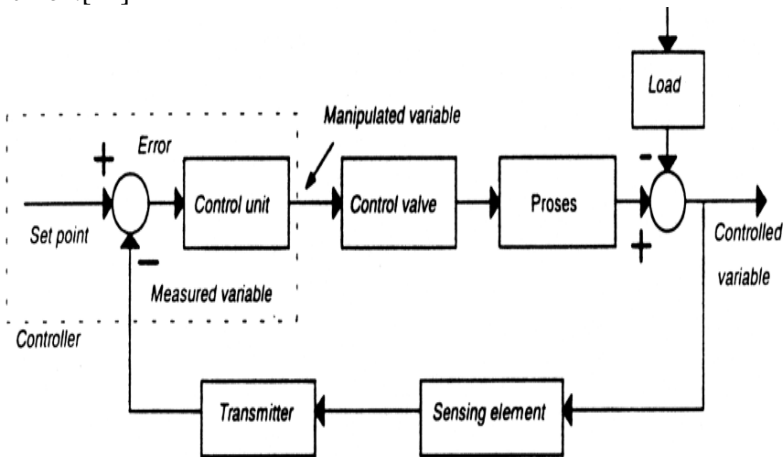
2.11 Sistem Pengendalian Proses

Instrumentasi adalah ilmu yang mempelajari tentang penggunaan peralatan atau instrument untuk mengukur dan mengatur suatu besaran baik kondisi fisis maupun kimia. Dari definisi tersebut dapat diambil suatu kesimpulan atau prinsip dasar, bahwa instrumentasi terdiri dari dua pokok kegiatan yaitu mengukur dan mengatur suatu besaran. Operasi di industri seperti kilang minyak (*refinery*) dan petrokimia (*petrochemical*) sangat bergantung pada pengukuran dan pengendalian besaran proses. Beberapa besaran proses yang harus diukur dan dikendalikan pada suatu industri proses, misalnya aliran (*flow*) di dalam pipa, tekanan (*pressure*) di dalam sebuah *vessel*, suhu

(*temperature*) di *heat exchanger*, serta permukaan (*level*) zat cair di sebuah tangki.

Sistem pengendalian bertujuan untuk mengontrol proses atau *plant* yang terjadi di industri. Operasi yang berjalan di industri ini dapat bersifat diskret (*on-off*), misal *valve* terbuka atau tertutup, motor hidup atau mati, konveyor jalan atau berhenti, dan lain-lain. Selain itu juga secara kontinu, suatu pengaturan untuk mempertahankan tinggi cairan dalam tangki pada nilai tertentu.

Di dalam diagram blok sistem pengendalian otomatis, terdapat komponen-komponen pokok seperti elemen proses, elemen pengukuran (*sensing element* dan *transmitter*), elemen *controller* (*control unit*) dan *final control element*. Di dalam gambar bagian atas *controller* mempunyai *summing junction* dengan tanda positif dan negatif. Di titik inilah langkah membandingkan dilakukan dengan mengurangi besaran *set point* dengan sinyal *measurement variable*. Hasilnya adalah sinyal *error*. [11]



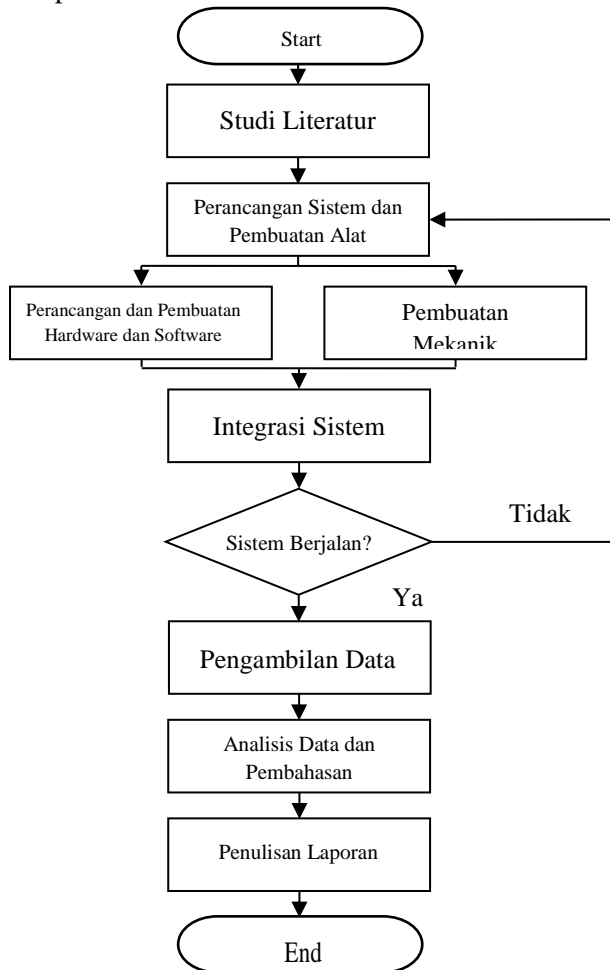
Gambar 2.11 Sistem Pengendalian Proses

BAB III

PERANCANGAN DAN PEMBUATAN ALAT

3.1 Diagram Alir Perancangan dan Pembuatan Alat

Langkah-langkah dalam tugas akhir ini digambarkan dalam diagram alir pada Gambar 3.1 berikut ini :



Gambar 3.1 Diagram Alir Tugas Akhir

Dengan adanya skema diagram alir Tugas Akhir mengenai “Rancang Bangun Sistem Pengendalian Suhu pada Tangki Reaktor *Plant Fluidized Bed Reactor* Pengolahan *Oil Sludge*” yang telah digambarkan, maka adapun penjelasan pada setiap langkah-langkah yang telah digambarkan adalah sebagai berikut:

3.2 Studi Literatur

Tahap awal pada skema diagram alir Tugas Akhir ini dimulai dengan adanya studi literatur sebagai upaya pemahaman terhadap materi yang menunjang tugas akhir mengenai “Rancang Bangun Sistem Pengendalian Suhu pada Tangki Reaktor *Plant Fluidized Bed Reactor* Pengolahan *Oil Sludge*”. Studi literatur ini dilakukan dengan mencari dan mempelajari informasi dari *e-book* maupun buku manual mengenai uji performansi suatu sensor yang diaplikasikan pada Tugas Akhir ini.

3.3 Perancangan Sistem dan Pembuatan Alat

Setelah melakukan studi literatur, selanjutnya adalah melakukan perancangan sistem dan pembuatan rancang bangun reaktor yang terdiri dari perancangan pembuatan *hardware* dan *software*, serta pembuatan mekanik. *Hardware* dan *software* yang telah dibuat kemudian diintegrasikan melalui mikrokontroller ATmega 32. Selanjutnya diintegrasikan dengan mekanik rancang bangun reaktor agar dapat mengetahui nilai suhu yang terukur.

3.3.1 Pembuatan Mekanik

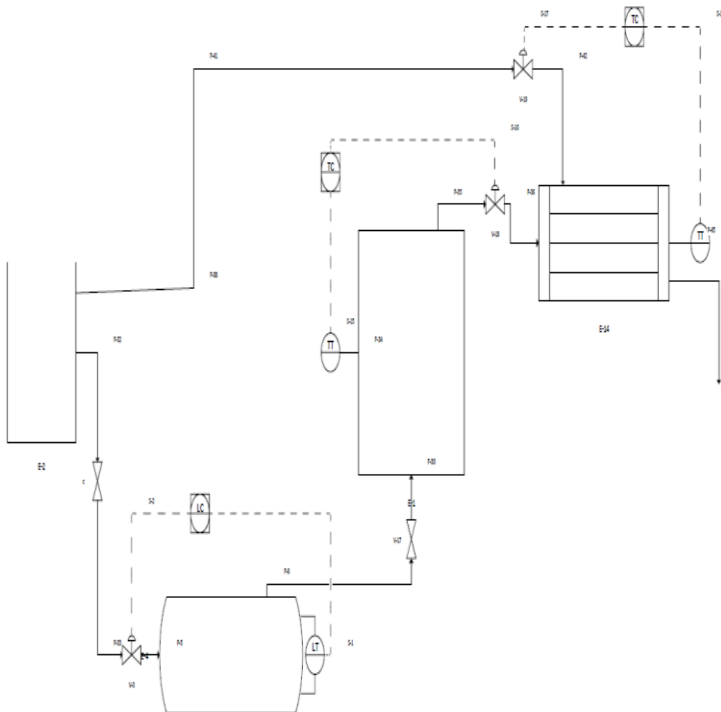
Pembuatan mekanik meliputi pembuatan sistem pada rancang bangun *fluidized bed reactor* dimana terdapat 3 sensor yaitu Ultrasonik HC-SR04 dan 2 *thermocouple* tipe K, terdapat 3 aktuator yaitu 3 motor servo yang saling terintegrasi, tangki pemanas, reaktor dan kondensor beserta kerangka, pemasangan panel kontrol dan terdapat penampungan air berupa timba. Dari desain rancang bangun diatas dapat diketahui spesifikasi dari masing-masing komponen, berikut adalah tabel spesifikasinya:

Tabel 3.1 Tabel Spesifikasi Rancang Bangun

Kode	Keterangan	Spesifikasi
A	Tangki Pemanas	Diameter 20 cm, panjang 26 cm
B	Reaktor	Diameter 26 cm, panjang 38 cm
C	Kondensor	Diameter 7,5 cm, panjang 70 cm
D	Ultrasonik HC SR-0	Dengan spesifikasi range jarak cm – 4m
E	<i>Thermocouple Type K</i>	Dengan spesifikasi range suhu 0-400°C
F	Motor Servo MG996R	Dengan spesifikasi torsi 11 kgf/cm
G	<i>Heater MT</i>	Daya sebesar 3500 Watt

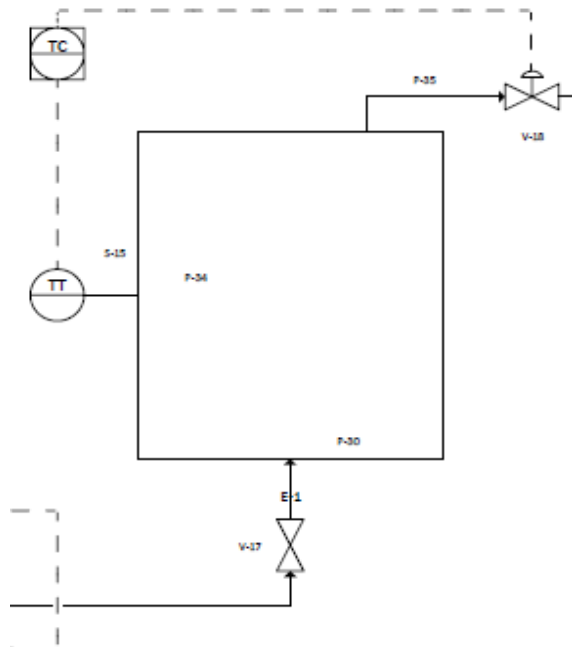
Pada gambar 3.2 merupakan gambar P&ID dari *plant fluidized bed reactor*. Terdapat 3 sistem kontrol pada *plant* tersebut. Ketiga sistem kontrol tersebut meliputi 1 sistem pengendalian level dan 2 sistem pengendalian temperatur. Proses dimulai dengan fluida dialirkan ke dalam tangki pemanas. Saat ketinggian fluida dalam tangki pemanas mencapai *set point*, *valve* akan menutup sedangkan pada saat level kurang dari *set point*, *valve* akan membuka. Setelah terbentuk uap yang diinginkan, uap akan mengalir melalui *valve* menuju reaktor. Uap tersebut masuk ke dalam reaktor untuk proses pemisahan *sludge* dengan cara menguapkan *sludge*. Saat suhu dalam reaktor kurang dari *set point*, *valve* akan menutup, saat suhu mencapai *set point*, *valve* akan membuka yang kemudian *sludge* menuju kondensor untuk dikondensasikan. *Sludge* hasil penguapan dicairkan menjadi minyak dengan cara merubah fase *sludge* dari lumpur

menjadi cairan. Saat suhu dalam kondensor kurang dari *set point*, valve akan menutup, saat suhu mencapai *set point*, valve akan membuka, kemudian *sludge* yang sudah berubah fase menjadi cair berupa minyak murni ditampung ke tangki hasil penampungan.



Gambar 3.2 P&ID *plant fluidized bed reactor*

Gambar 3.3 merupakan gambar P&ID dari sistem pengendalian temperatur yang ada pada *plant fluidized bed reactor*.



Gambar 3.3 P&ID Sistem Pengendalian Suhu

Gambar 3.4 merupakan keseluruhan plant *Fluidized Bed Reactor*. Pada plant tersebut terjadi proses pemisahan *oil sludge* dengan uap air dengan memanaskan *sludge* hingga kandungan minyak yang tercampur dengan *sludge* ikut mengalir ke atas bersama *steam* sehingga mendapatkan minyak yang diinginkan.



Gambar 3.4 *Plant Fluidized Bed Reactor*

Gambar 3.5 merupakan tangki pemanas dari *plant fluidized bed reactor*. Terdapat beberapa komponen sistem pengendalian temperatur. Komponen tersebut berupa sensor ultrasonik termokopel, reaktor serta motor servo. Penempatan sensor termokopel berada di atas reaktor untuk mendeteksi suhu uap. Kondisi uap harus dalam keadaan konstan sehingga pengendalian temperatur diperlukan agar suhu air selalu konstan. Suhu uap yang terlalu tinggi akan menyebabkan *steam* yang dihasilkan akan mengandung uap air sehingga akan membahayakan proses berikutnya. Sebaliknya bila suhu uap terlalu rendah maka akan merusak komponen sensor.

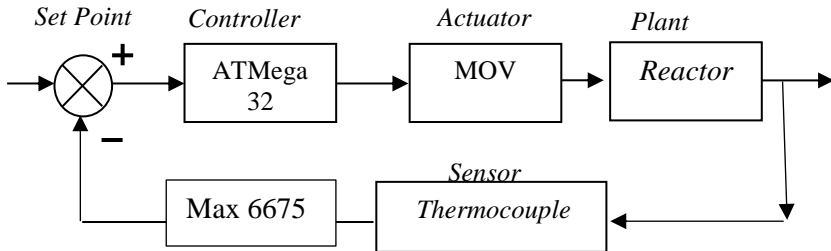


Gambar 3.5 Reaktor

Sistem pengendalian temperatur pada reaktor *plant fluidized bed reactor* menggunakan mikrokontroller ATmega 32 sebagai kontroller. Motor servo sebagai pengendali akhir atau aktuator, sedangkan tangki sebagai tempat proses. Sensor yang digunakan pada pengendalian level tersebut adalah sensor ultrasonik. SP (*Set Point*) merupakan besar proses variabel yang dikehendaki. *Error* merupakan proses mengurangi besaran *set point* dengan nilai pengukuran. MV (*Manipulated Variable*) merupakan input dari suatu proses yang dapat dimanipulasi agar besarnya variabel proses sama dengan *set point*. PV (*Process Variable*) merupakan suatu proses yang dikendalikan pada suatu sistem.

Uap yang dialirkan menuju kondensor akan dideteksi suhunya oleh sensor termokopel. Kemudian sensor termokopel akan mengirimkan data ke mikrokontroller ATmega 32. Lalu mikrokontroller mengirimkan ke LCD untuk menampilkan display suhu uap pada reaktor.

Digunakan $set\ point \geq 150^{\circ}C$ untuk membuka *valve*. Jadi, ketika suhu uap pada reaktor mencapai $150^{\circ}C$ atau lebih, *valve* akan membuka. Dan apabila suhu uap kurang dari $150^{\circ}C$, *valve* akan menutup untuk menjaga suhu uap pada reaktor.



Gambar 3.6 Diagram Blok Pengendalian Suhu

3.3.2 Perancangan *Hardware* dan *Software*

Untuk perancangan *hardware* dimulai dengan integrasi sensor, membuat rangkaian LCD dan integrasi motor servo MG996R. Sedangkan untuk perancangan *software* melakukan program pada *software* CodeVision AVR.

Sistem pengendalian level pada tangki pemanas ini menggunakan sensor termokopel tipe K. Sensor termokopel tersebut berfungsi untuk mendeteksi suhu uap pada reaktor. Pembuatan *hardware* dimulai dengan mengintegrasikan sensor termokopel ke mikrokontroller ATMega 32. Mikrokontroller ATMega 32 berfungsi sebagai kontroller untuk sistem pengendalian temperature ini.

a. Perancangan *Hardware*

Gambar 3.7 merupakan konfigurasi dari sensor termokopel yang telah terintegrasi dengan mikrokontroller ATMega 32. Pin CS, SCK, SO, ground dan VCC masuk ke dalam mikrokontroller.



Gambar 3.7 Konfigurasi Sensor Termokopel Tipe K

Gambar 3.8 merupakan konfigurasi aktuator motor servo dengan mikrokontroller ATmega 32 dan *power supply* 12V DC. Output dari mikrokontroller ATmega 32 sebesar 5V DC. Pin data motor servo dihubungkan dengan mikrokontroller atmega 32 dan pin *ground* serta vcc motor servo dihubungkan pada *power supply* 12VDC. Setelah terselesaikannya konfigurasi dari aktuator, kemudian mengintegrasikan semua komponen.



Gambar 3.8 Konfigurasi Motor Servo

Gambar 3.9 merupakan konfigurasi rangkaian LCD 20x4. LCD berfungsi untuk menampilkan suatu karakter huruf maupun angka. LCD 20x4 mempunyai tampilan 20 kolom dan 4 baris. Perancangan rangkaian LCD digunakan untuk menampilkan nilai ketinggian fluida pada reaktor. Digunakan mikrokontroller ATmega 32 untuk mengkoneksikan LCD 20x4.



Gambar 3.9 Konfigurasi *display* LCD

b. Perancangan *Software*

Pada pembuatan tugas akhir ini digunakan suatu *software* guna penunjang daripada sistem kontrol. *Software* yang digunakan untuk membuat program pada mikrokontroller ATmega 32 adalah *CodeVision AVR*. *listing program* atau koding dibuat untuk mengolah data yang telah dibaca oleh sensor untuk ditampilkan ke LCD.

Gambar 3.10 ini merupakan cuplikan dari listing program untuk instruksi mikrokontroler Atmega32 pada tugas akhir ini.

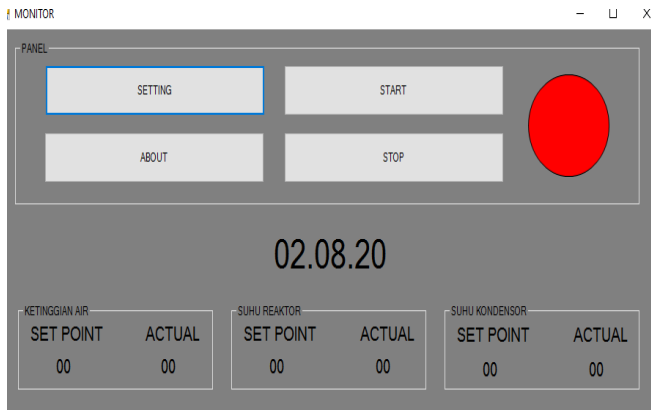

```

15
16  Chip type           : ATmega32
17  Program type        : Application
18  AVR Core Clock frequency: 8.000000 MHz
19  Memory model         : Small
20  External RAM size    : 0
21  Data Stack size      : 512
22  *****/
23
24  #include <mega32.h>
25  #include <delay.h>
26  #include <stdlib.h>
27
28  // Alphanumeric LCD functions
29  #include <alcd.h>
30
31  #define thermocouple1 PORTA.0
32  #define thermocouple2 PORTA.1
33
34  #define trigger_ultra PORTA.7
35  #define echo_ultra    PINA.6
36
37  #define ButtonUp      PINA.2
38  #define ButtonDown    PINA.3

```

Gambar 3.10 Listing Program Atmega 32 pada CVAVR

Setelah program yang dibuat pada software CodeVision AVR sudah sesuai dengan aksi yang terjadi pada plant, sistem pengendalian level ini kemudian dibuat tampilan data di sebuah Personal Computer (PC). Selain itu data disimpan secara real time. Software yang digunakan untuk tampilan serta penyimpanan data tersebut adalah Visual Studio. Data yang ditampilkan pada software tersebut adalah nilai dari ketinggian fluida pada tangki pemanas beserta grafik respon yang dihasilkan dari sistem pengendalian level.



Gambar 3.11 Tampilan pada Visual Studio

3.4 Integrasi

Pada tahap ini dilakukan proses *download* program CVAVR ke *minimum system* ATmega 32 dengan *software* Khazama AVR *programmer*, kemudian *minimum system* yang telah berisi program dihubungkan dengan rangkaian *sensing element* dan rangkaian modul LCD.

3.5 Pengujian Alat

Pada rancang bangun *fluidized bed reactor* dilakukan percobaan sederhana yaitu dengan menyalakan *heater* untuk memanaskan air kemudian ketinggian air dari tangki pemanas dijaga hingga mencapai set point. Sistem pengendalian suhu pada tangki reaktor diuji coba menggunakan sensor *thermocouple* yang berfungsi untuk mendeteksi suhu yang ada pada tangki reaktor, apabila suhu sudah mencapai *set point* maka aktuator berupa motor servo akan aktif untuk membuka *valve*. Kemudian uap yang sudah terbentuk akan mengalir menuju kondensor. Apabila aksi dari aktuator tidak sesuai dengan *set point*, maka dilakukan sebuah *troubleshooting* untuk mencari penyebab dari tidak berjalannya suatu proses pengendalian tersebut. Apabila semua rancang bangun pada reaktor dapat bekerja dengan baik, maka selanjutnya dapat dilakukan pengambilan data.

3.6 Pengambilan Data

Pada tahap pengambilan data untuk karakteristik statik dan kalibrasi merupakan tahap dimana melihat spesifikasi yang dimiliki oleh sistem pengendalian yang telah dibuat, dengan adanya data tersebut dapat diketahui performansi sistem pengendalian. Pada karakteristik statik alat yang dicari yaitu nilai *range*, *span*, resolusi, sensitivitas, *non-linieritas*, *hysteresis*, serta akurasi. Sedangkan untuk data kalibrasi digunakan untuk mencari nilai ketidakpastian dari hasil pengukuran ketika menggunakan perangkat sistem pengendalian untuk arus dan tegangan *input-output* ini. Berikut merupakan langkah-langkah pengambilan data karakteristik statik:

- Nilai *range*, *span*, dan resolusi sistem pengendalian dicatat sesuai spesifikasi sensor arus dan tegangannya.
- Nilai sensitivitas ditentukan dengan rumus:

$$\text{Sensitivitas} = \frac{\Delta O}{\Delta I} \quad (3.1)$$

- Nilai *linieritas* ditentukan dengan rumus:

$$O - O_{min} = \left[\frac{O_{maks} - O_{min}}{I_{maks} - I_{min}} \right] (I - I_{min}) \quad (3.2)$$

$$O_{ideal} = KI + \alpha \quad (3.3)$$

Dimana:

$$K = \text{Kemiringan garis lurus ideal} = \frac{O_{maks} - O_{min}}{I_{maks} - I_{min}} \quad (3.4)$$

$$\alpha = \text{Koefisien garis lurus ideal} = O_{min} - KI_{min} \quad (3.5)$$

- Histerisis ditentukan dengan melakukan pengambilan data input naik dan turun, dengan persamaan histerisis:

$$H(I) = O(I)_{I\downarrow} - O(I)_{I\uparrow} \quad (3.6)$$

$$\% \text{ Maksimum Histerisis} = \frac{H}{O_{maks} - O_{min}} \times 100\% \quad (3.7)$$

- Nilai akurasi ditentukan dari pembacaan alat dengan pembacaan standar, nilai akurasi ditentukan dari nilai kesalahan akurasi dengan persamaannya, yaitu:

$$A = 1 - \left| \text{Rata} - \text{Rata} \frac{(\text{Pemb. std} - \text{Pemb. alat})}{\text{Pemb.std}} \right| \quad (3.8)$$

3.7 Analisa Data dan Pembahasan

Setelah pembuatan rancangan telah selesai dengan hasil yang sesuai, kemudian dilakukan analisa data dengan memanfaatkan hasil dari uji performansi dan sistem pengendalian.

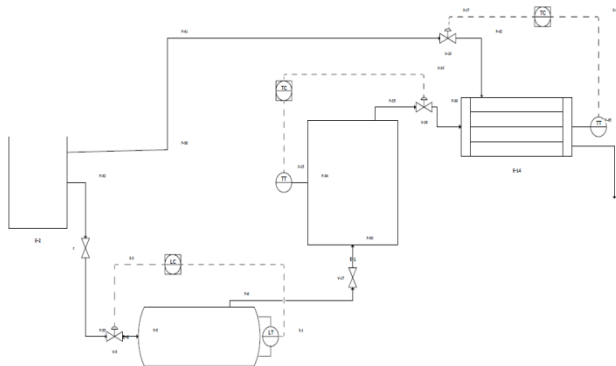
3.8 Penulisan Laporan

Setelah semua hasil yang diinginkan tercapai, kemudian semua hasil mulai dari studi literatur sampai dengan analisa data dan kesimpulan dicantumkan dalam sebuah laporan.

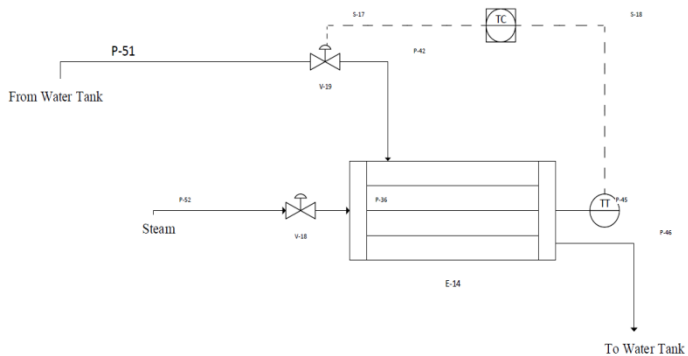
BAB IV ANALISIS DATA DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Rancang Bangun

Penempatan sensor termokopel dan *control valve* pada sistem pengendalian temperatur reaktor digambarkan oleh P&id pada gambar 4.1



Gambar 4.1 P&ID Plant *Fluidized Bed Reactor* Pengolah *Oil Sludge*



Gambar 4.2 P&ID *Reactor*

Berikut ini merupakan hasil dari perancangan sistem pengendalian suhu *reactor* pada plant *fluidized bed reactor* pengolah *oil sludge* berbasis mikrokontroler yang telah dibuat ditunjukkan oleh gambar 4.3



Gambar 4.3 Pemasangan *Control Valve*

Control valve diletakkan pada pipa saluran output menuju *condensor* akan diatur bukaannya yaitu apabila suhu belum mencapai *set point* maka *valve* akan menutup sedangkan ketika telah mencapai *set point* maka *valve* akan membuka.



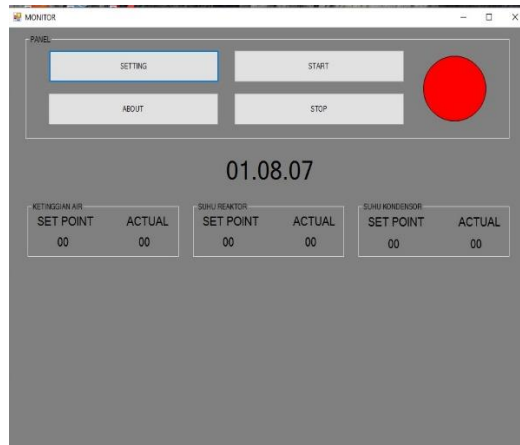
Gambar 4.4 Tampilan LCD pengukuran suhu *reactor*

Gambar 4.4 menunjukkan nilai temperatur yang terukur di dalam *plant reactor* yang ditampilkan pada LCD 20x4 saat *fluidized bed reactor* pengolah *oil sludge* dijalankan.



Gambar 4.5 Pemasangan Sensor Termokopel

Termokopel tipe K dipasang pada bagian dalam reaktor yang berfungsi mendeteksi temperatur di dalam *reactor* yang dijelaskan oleh gambar 4.5



Gambar 4.6 Tampilan pembacaan dengan visual studio

Suhu data akuisisi dibuat untuk mengetahui respon sistem pengendalian temperatur pada reaktor. Dalam data akuisisi ini terdapat *display* pengukuran dan penyimpanan data menggunakan software visual studio 2015.

4.2 Pengujian Alat Ukur Suhu

Pengujian sensor dilakukan untuk mengetahui sensitivitas sensor. Pengujian dilakukan pada rentang temperatur 27°C - $70,3^{\circ}\text{C}$. Pada setiap kenaikan, diambil data sebanyak 6 kali. Alat Standar yang digunakan untuk pembandingan adalah *Rotronic HygroPalm*.. Berikut ini data yang diperoleh dari pengujian alat.

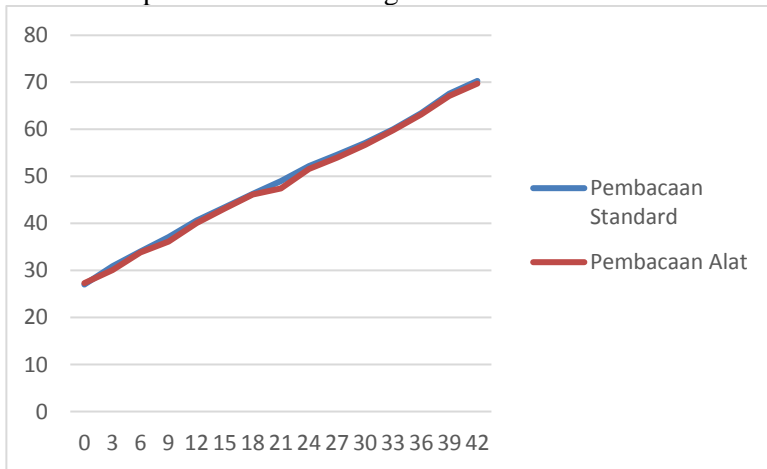
Tabel 4.1 Data Pengujian Alat Ukur Suhu

No	Standar($^{\circ}\text{C}$)	Alat($^{\circ}\text{C}$)	Error($^{\circ}\text{C}$)
1	27	27,3	-0,3
2	30,9	30,1	0,8
3	34	33,8	0,2
4	37,1	36,16	0,94
5	40,6	40,1	0,5

Tabel 4.1 Data Pengujian Alat Ukur Suhu

6	43,4	43,15	0,25
7	46,3	46,15	0,15
8	49	47,45	1,55
9	52,2	51,6	0,6
10	54,6	54	0,6
11	57,1	56,71	0,39
12	60	59,83	0,17
13	63,4	63,17	0,23
14	67,6	67,1	0,5
15	70,3	69,74	0,56

Dari Tabel 4.1 diatas, menghasilkan grafik pembacaan alat standar dan pembacaan alat sebagai berikut :

**Gambar 4.7** Grafik Pembacaan Alat Standar dan Pembacaan Alat

Dari gambar 4.7, menunjukkan bahwa pembacaan alat sudah mendekati dengan alat standar. Namun, terdapat beberapa titik yang masih terdapat *error* pembacaan.

$$\text{Sensitivitas} = \frac{\Delta \text{Output}}{\Delta \text{Input}} = \frac{(69,74-27,3)}{(70,3-27)} = 0.9801$$

Tabel 4.2 Data Pengujian Naik dan Turun Sensor Termokopel

No	Standard	Pembacaan alat (° C)		H(I)	Non-Linearitas
		Naik	Turun		
1	27	27,3	27,12	-0,18	-1,20E-05
2	30,9	30,1	30,45	0,35	-1,0225541
3	34	33,8	33,88	0,08	-0,360985
4	37,1	36,16	37,1	0,94	-1,0394159
5	40,6	40,1	40,22	0,12	-0,5299024
6	43,4	43,15	45,99	2,84	-0,2242916
7	46,3	46,15	46,02	-0,13	-0,0666947
8	49	47,45	48,36	0,91	-1,41307
9	52,2	51,6	50,97	-0,63	-0,3995148
10	54,6	54	53,35	-0,65	-0,3518484
11	57,1	56,71	56,46	-0,25	-0,0921959
12	60	59,83	60,12	0,29	0,185401
13	63,4	63,17	62,78	-0,39	0,1929284
14	67,6	67,1	67,82	0,72	0,0063446
15	70,3	69,74	70,14	0,4	-3,07E-05

Sehingga menghasilkan karakteristik statik :

1. *Range* : 27°C -70,3 °C
2. *Span* : 43,3°C
3. Resolusi : 0,01 °C
4. *Non-linieritas* : 0,45%
5. Akurasi : 85%
6. Kesalahan (*error*) : 0,15

Berikut ini hasil perhitungan nilai karakteristik statik alat ukur temperatur berdasarkan data pada tabel 4.1

- Sensitivitas (dari datasheet sensor termokopel tipe-K)

$$\text{sensitivitas} = 41 \mu\text{V}/^{\circ}\text{C}$$

- Non-linieritas
($N(I) = O(I) - (KI + a)$)

Non – linieritas maksimum per unit

$$= \frac{N}{O_{\max} - O_{\min}} \times 100\%$$

Dimana :

$$K (\text{sensitivitas}) = 0.9801$$

$$a (\text{zero bias}) = O_{\min} - KI_{\min}$$

$$a = 27,3 - (0.9801)(27)$$

$$a = 0,8363$$

sehingga :

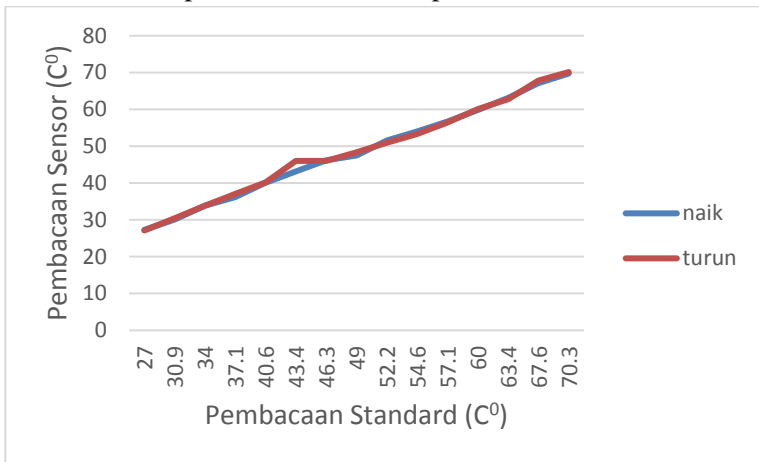
Non-linieritas maksimum per unit

$$= \frac{0,1929}{69,74 - 27,3} \times 100\% = 0,4546\%$$

- Histerisis
 $H(I) = O(I)_{I\downarrow} - O(I)_{I\uparrow}$, $\hat{H} = H(I)_{\max}$, sehingga:

$$\begin{aligned}
 \% \text{ Maksimum Histerisis} &= \frac{\hat{H}}{O_{max} - O_{min}} \times 100\% \\
 &= \frac{2,84}{69,74 - 27,3} \times 100\% \\
 &= 6,6918\%
 \end{aligned}$$

Berikut gambar grafik histerisis dari data pengukuran sensor saat melakukan pembacaan naik dan pembacaan turun.



Gambar 4.8 Grafik histerisis

- Akurasi

$$A = 1 - \sum \left| \frac{Y_n - X_n}{Y_n} \right| \times 100\%$$

Dengan:

Y_n = Pembacaan standar (I) dan

X_n = Pembacaan alat (O)

$$\begin{aligned}
 A &= 1 - |0,1501| \times 100\% \\
 &= 85\%
 \end{aligned}$$

- Error

$$\begin{aligned}
 e &= 1 - A \\
 &= 1 - 0.85 \\
 &= 0.15
 \end{aligned}$$

Setelah diketahui karakteristik statik dari alat ukur temperatur, langkah berikutnya adalah kalibrasi alat ukur. Yang digunakan sebagai kalibrator adalah *Rotronic HygroPalm*. Berikut ini merupakan hasil pengukuran kalibrasi untuk mencari nilai ketidakpastian alat ukur.

Tabel 4.3 Data Kalibrasi

No	Standard (Xi)	Alat	Koreksi	Y regresi	Residu (R)	SSR
1	27	27,21	-0,21	0,1816	-0,3916	0,1533
2	30,9	30,28	0,625	0,2078	0,4172	0,1741
3	34	33,84	0,16	0,2286	-0,0686	0,0047
4	37,1	36,63	0,47	0,2494	0,2206	0,0487
5	40,6	40,16	0,44	0,2729	0,1671	0,0279
6	43,4	44,57	-1,17	0,2917	-1,4617	2,1366
7	46,3	46,09	0,215	0,3112	-0,0962	0,0093
8	49	47,91	1,095	0,3293	0,7657	0,5862
9	52,2	51,29	0,915	0,3508	0,5642	0,3183
10	54,6	53,68	0,925	0,3670	0,5581	0,3114
11	57,1	56,59	0,515	0,3837	0,1313	0,0172
12	60	59,98	0,025	0,4032	-0,3782	0,1430
13	63,4	62,98	0,425	0,4261	-0,0011	0,0000
14	67,6	67,46	0,14	0,4543	-0,3143	0,0988
15	70,3	69,94	0,36	0,4724	-0,1124	0,0126
Jumlah	733,5	728,57	4,93			4,0422
Rata	48,9	48,5713	0,3287			0,2695

Berikut merupakan perhitungan ketidakpastian alat ukur berdasarkan tabel 4.3.

- Nilai ketidakpastian tipe A

$$\sigma = \frac{\sqrt{\sum (y_i - \bar{y})^2}}{n - 1}$$

Dimana :

$$\sigma = \mathbf{0,5449}$$

Sehingga nilai ketidakpastian tipe A adalah :

$$U_{a1} = \frac{\sigma}{\sqrt{n}}$$

$$U_{a1} = \frac{\mathbf{0,5449}}{\sqrt{15}} = \mathbf{0,1407}$$

Sedangkan nilai ketidakpastian regresi U_{a2} adalah

$$U_{a2} = \sqrt{\frac{SSR}{n - 2}}$$

Dimana :

SSR (*Sum Square Residual*) = $\sum SR$ (*Square Residual*)

$SR = R^2$ (*Residu*)

Y_i (Nilai koreksi) = Pemb. standar (t_i) – Pemb. alat (x_i)

$$Y_{reg} = a + (b \times t_i)$$

$$a = \bar{y}_t - (b \times \bar{t}_t)$$

$$b = \frac{n \cdot \sum x_i y_i - \sum x_i \sum y_i}{n \cdot \sum x_i^2 - (\sum x_i)^2}$$

Dimana:

x_i = Pemb. standar,

y_i = Nilai koreksi,

$n = \text{Jumlah data}$

$$b = \frac{(15 \times 258,101) - (733,5 \times 4,93)}{(15 \times 38390,65) - (538022,25)^2}$$

$$= 0,0067$$

$$a = 0,3287 - (0,0067 \times 48,9) = 0,0002$$

Jadi, persamaan regresi menjadi :

$$Y_{\text{reg}} = (0,0002) + (x_i \times 0,0067)$$

Sehingga menghasilkan nilai $SSR = 4,0422$

$$U_{a2} = \sqrt{\frac{SSR}{n-2}} = \sqrt{\frac{4,0422}{15-2}} = 0,5576$$

- Nilai Ketidakpastian *Type B*:

Pada tipe ini terdapat 2 parameter ketidakpastian, yaitu ketidakpastian Resolusi (U_{b1}) dan Ketidakpastian alat standar *pressure gauge* (U_{b2}). Dengan perhitungan sebagai berikut:

$$U_{b1} = \frac{\frac{1}{2} \times \text{Resolusi}}{\sqrt{3}} = \frac{\frac{1}{2} \times 0,01}{\sqrt{3}} = 0.0028$$

$U_{b2} = \frac{a}{k}$, pada alat standar terdapat sertifikat kalibrasinya maka nilai a (ketidakpastian sertifikat kalibrasi) dianggap mendekati 0, dan nilai faktor cakupan dianggap 2,0. Sehingga hasil : $U_{b2} = 0$

- Nilai Ketidakpastian Kombinasi U_c

$$U_c = \sqrt{U_{a1}^2 + U_{a2}^2 + U_{b1}^2 + U_{b2}^2}$$

$$U_c = \sqrt{0.1407^2 + 0.5576^2 + 0.0028^2 + 0^2}$$

$$U_c = 0,5751$$

Dengan kondisi V atau derajat kebebasan dari kedua tipe ketidakpastian, sebagai berikut :

$V = n-1$, sehingga :

$V_1 = 14$; $V_2 = 14$; $V_3 = \infty$; $V_4 = 60$ (berdasarkan table *T-Student*)

Dengan nilai V_{eff} (Nilai derajat kebebasan efektif) sebagai berikut :

$$V_{eff} = \frac{(U_c)^4}{\sum (U_i)^4 / V_i}$$

$$V_{eff} = \frac{(0,5751)^4}{(0,1407)^4 / 14 + (0,5576)^4 / 14 + (0,0028)^4 / \infty + (0)^4 / 60}$$

$V_{eff} = 15,7762$, sehingga jika dibulatkan menjadi 16, dimana pada table *T-student* menghasilkan nilai k (faktor koreksi) sebesar 2,120

Oleh karena itu, hasil nilai ketidakpastian diperluas sebesar :

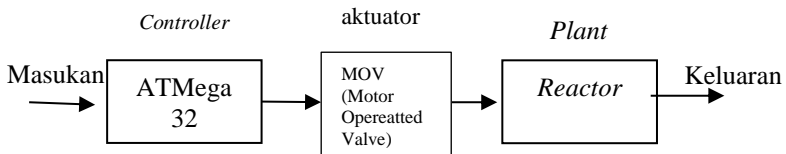
$$U_{exp} = k \times U_c$$

$$U_{exp} = 2,120 \times 0,5751 = 1,2192$$

Sehingga berdasarkan perhitungan ketidakpastian diperluas diatas, menghasilkan nilai ketidakpastian alat sebesar $\pm 1,2192$ dengan tingkat kepercayaan 95% dari tabel *T-Student*. Nilai ketidakpastian tersebut akan menjadi acuan untuk pembacaan alat ukur selama alat ukur tersebut digunakan.

4.3 Pengujian Sistem Pengendalian Suhu

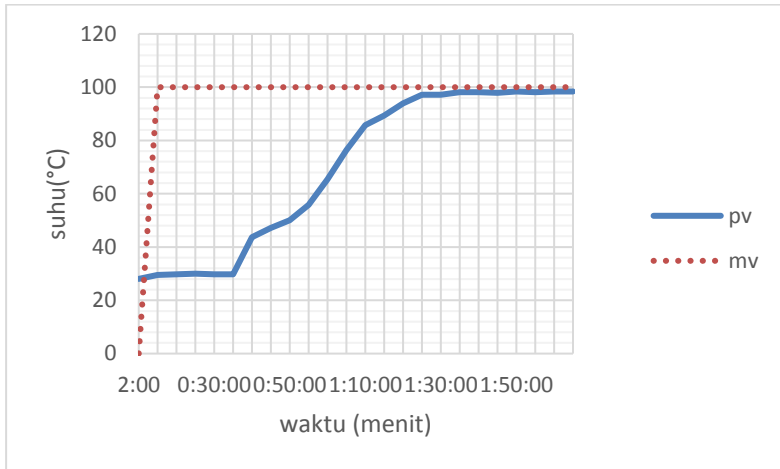
a. Open Loop



Gambar 4.9 Diagram Blok *Open Loop*

Dari hasil pengujian rancang bangun sistem pengendalian suhu pada *reactor plant fluidized bed reactor*

pengolahan *oil sludge* dengan menggunakan sistem *open loop*, dimana sensor tidak memberikan sinyal *error* kepada *microcontroller*. Sensor *Thermocouple* hanya membaca perubahan suhu pada *reactor* dalam satuan $^{\circ}\text{C}$ dan motor servo sebagai aktuatur pada kondisi *normaly open*.

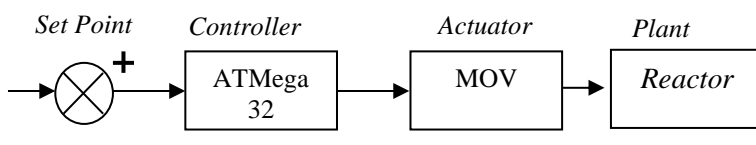


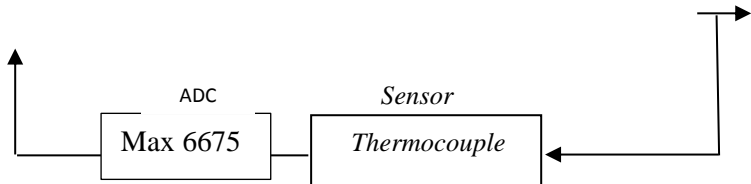
Gambar 4.10 Grafik *Open Loop* Sistem Pengendalian Suhu

Gambar 4.10 merukapan grafik *open loop* sistem pengendalian suhu, dengan motor servo dalam kondisi *normaly open*. Suhu didalam *reactor* pada kondisi konstan mencapai suhu 98°C , sehingga diperlukan adanya sistem pengendalian suhu agar suhu didalam *reactor* dapat mencapai set point.

b. Close Loop

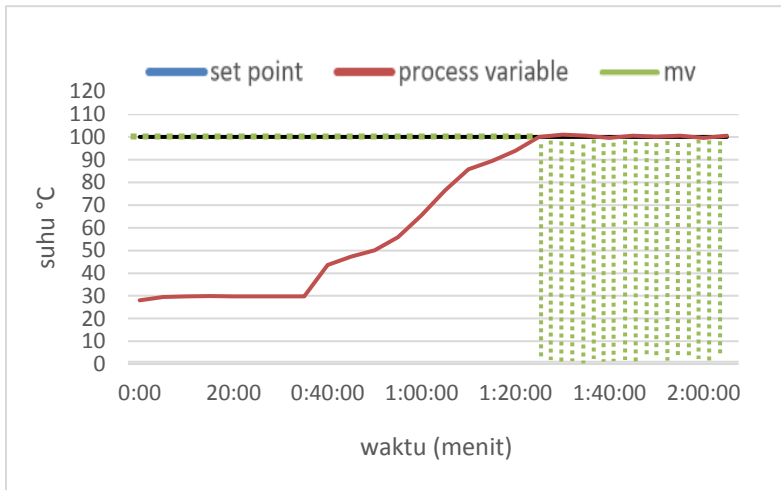
Sistem kontrol dimana nilai pembacaan sensor digunakan untuk menentukan aksi dari aktuatur agar menjaga *process variable* tetap dalam nilaiyang di inginkan.





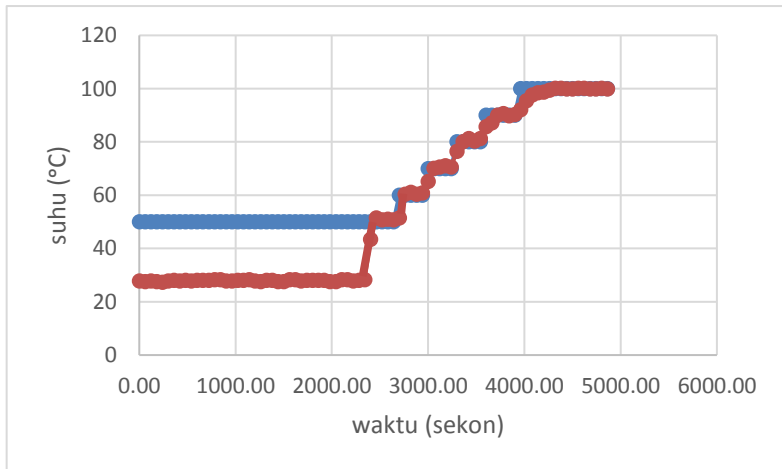
Gambar 4.11 Diagram Blok Sistem Pengendalian suhu

Gambar 4.11 merupakan gambar diagram blok sistem pengendalian suhu pada *reactor* yang terdiri dari mikrokontroler ATmega 32 sebagai *controller*, *motor operated valve* sebagai *actuator*, *reactor* sebagai tempat pemrosesan, dan sensor *Thermocouple* sebagai sensor untuk sensing suhu. Nilai suhu yang dibaca oleh sensor akan ditampilkan ke *display* LCD (*Liquid Crystal Display*) 4x20 dalam satuan $^{\circ}\text{C}$.



Gambar 4.12 Grafik *Close Loop* Sistem Pengendalian Suhu

Gambar 4.12 merupakan grafik *close loop* sistem pengendalian suhu dimana suhu mencapai *set point* 100°C pada waktu 1 jam 28 menit dengan maksimum overshoot sebesar 0,1°C dan Error steady state rata-rata 0,522.



Gambar 4.13 Grafik Respon *Tracking Set Point* Sistem Pengendalian Suhu

Gambar 4.13 merupakan grafik uji respon *Tracking Set Point* Sistem Pengendalian Suhu dengan kenaikan 10°C mulai dari suhu 50°C sampai dengan 100°C.

4.4 Pembahasan

Tugas akhir yang berjudul sistem pengendalian suhu pada *reactor* pengolah *oil sludge* ini bertujuan untuk mengendalikan keadaan suhu di dalam *reactor* melalui *display* pada LCD dan monitoring melalui komputer. Menggunakan sensor suhu thermocouple sebagai alat ukur suhu. Sebelum sensor ini digunakan perlu dilakukan kalibrasi untuk mengetahui performansi dari sensor tersebut. Kalibrasi sensor termokopel ini menggunakan heater pemanas dan dibandingkan dengan alat ukur

standart. Dilakukan pada *range* 27°C hingga 70,1 °C. Setelah dilakukan pengujian sensor yaitu dilakukan perhitungan kalibrasi. Dari tabel 4.2 dan tabel 4.3 didapatkan hasil pengukuran. Dari pembacaan tersebut dapat dicari nilai ketidakpastian pengukuran tekanan dengan hasil $U_{a1} = 0,1407$ $U_{a2} = 0,5576$ $U_{b1} = 0.0028$, $U_{b2} = 0$ $U_c = 0.5751$. Sehingga berdasarkan perhitungan ketidakpastian diperluas tersebut menghasilkan nilai U_{expand} sebesar $\pm 0,1407$ dengan tingkat kepercayaan 95% dari tabel *T-Student*. Hasil dari perhitungan ketidakpastian tersebut akan menjadi acuan dari sensor yang digunakan layak untuk digunakan. Dari pembacaan *thermocouple* ini selanjutnya akan diproses oleh mikrokontroler yang nantinya akan memberikan sebuah sinyal kontrol terhadap aktuator yang berupa motor servo untuk mengejar *setpoint* yang bernilai 100°C. Dari hasil uji respon system didapatkan bahwa untuk mencapai set point di butuhkan waktu 1 jam 28 menit dengan maksimum overshoot sebesar 0,1°C dan Error steady state rata-rata 0,522.

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil dari perancangan dan pembuatan sistem pengendalian suhu pada tangki reaktor *plant fluidized bed reactor*, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Telah dibuat rancang bangun sistem pengendalian suhu pada tangki reaktor, dengan adanya sistem tersebut maka uap yang masuk pada tangki reaktor dapat dijaga suhunya.
2. Dilakukan pengambilan data *open loop*, *close loop*, dan *tracking set point* untuk mengetahui performansi dari sistem pengendalian suhu pada *reactor* pengolah *oil sludge*. Dari perbandingan respon sistem *open loop* dan *close loop* dapat disimpulkan bahwa perlu adanya sistem pengndalaian suhu pada *reactor* agar suhu mencapai kondisi *steady* pada *set point*

5.2 Saran

Dari hasil perancangan dan pembuatan sistem ada beberapa hal yang perlu diperhatikan, yaitu:

1. Perlu adanya perawatan pada alat agar komponen tidak rusak dan dapat beroperasi dengan baik.
2. Perlu adanya tindakan keamanan pada saat pengoperasian alat dikarenakan limbah *oil sludge* dapat mengganggu keehatan.
3. Dibutuhkan alat pemisah minyak dan air (*separator*) agar hasil dari *plant* pengolah limbah *oil sludge* menghasilkan minyak murni.

DAFTAR PUSTAKA

- [1]Nugroho, Ade Setio, dkk. 2013. Rancang Bangun Sensor Pengukur *Level Interface* Air dan Minyak Pengolahan *Oil sludge* pada *Mini Plant* Separator. Yogyakarta: Jurusan Teknik Fisika FT UGM.
- [2]Anonim. 2016. <http://www.insinyoer.com/prinsip-kerja-thermocouple-type-k/>. [diakses pada tanggal 01 Juni 2016]
- [3] Lely Kojayanti, Martinus, dkk. 2014. *Reaksi Jamak pada Fluidized Bed Membran Reactor*. Jakarta : Fakultas Teknik Universitas Indonesia
- [4]Rahimi, Saeid. 2012. *Three Phase Separator – Time Definition*. India: Chemwork
- [5]Pengertian Suhu udara (temperatur udara). 01 Juni 2016. <http://www.sridianti.com/pengertian-suhu-udara-temperatur-udara.html>
- [6]Conimarsha. *Pengendalian Suhu pada separator 3 fasa*. 01 Juni 2016. <https://conimarsha.wordpress.com/2013/11/21/pengendalian-suhu-pada-separator-3-fasa/>.
- [7] Anonymous. 2012s. *Pengertian, cara kerja dan jenis-jenis Motor Servo*. [diakses dari : www.partner3d.com/motor-servo-pengertian-cara-kerja-dan-jenis-jenisnya/]
- [8]Winoto, Ardi. 2009. *Mikrokontroller AVR dan Pemrogramannya Dengan Bahasa C Pada Win AVR*. Bandung : Teknik Informatika
- [9] Anonymous. 2012. *LCD (Liquid Cristal Display)*. [diakses dari : <http://elektronika-dasar.web.id/lcd-liquid-cristal-display/>]
- [10]Fraden, J, 1996, *CodeVision AVR*. California: Thermoscan, Inc
- [11] Arindya, Radita. 2014. *Instrumentasi dan Kontrol Proses*. Yogyakarta : Graha Ilmu.

Lampiran A.

Datasheet Thermocouple

MAXIMUM TEMPERATURE RANGE

Thermocouple Grade

- 525 to 2252°F

- 200 to 1250°C

Extension Grade

32 to 392°F

0 to 200°C

LIMITS OF ERROR

(whichever is greater)

Standard: 2.2°C or 0.75% Above 0°C

2.2°C or 2.0% Below 0°C

Special: 1.1°C or 0.4%

COMMENTS, BARE WIRE ENVIRONMENT:

Clean Oxidizing and Inert; Limited Use in

Vacuum or Reducing; Wide Temperature

Range; Most Popular Calibration

TEMPERATURE IN DEGREES °C

REFERENCE JUNCTION AT 0°C



Thermocouple Grade

Nickel-Chromium

vs.

Nickel-Aluminum



Extension Grade

Revised Thermocouple Reference Tables

TYPE K
Reference Tables
N.I.S.T.
Monograph 175
Revised to
ITS-90

Thermoelectric Voltage in Millivolts

	-18	-8	-2	-1	0	°C	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	°C
-200	6.456	6.457	6.458	6.459	6.463	6.462	6.450	6.446	6.448	6.444	6.441	6.441	6.440	6.439	6.438	6.440	6.439	200
-180	6.441	6.438	6.435	6.432	6.429	6.425	6.417	6.413	6.414	6.410	6.404	6.400	6.396	6.392	6.389	6.387	6.386	180
-160	6.404	6.399	6.393	6.389	6.382	6.377	6.364	6.358	6.354	6.350	6.341	6.336	6.332	6.328	6.324	6.320	6.316	160
-140	6.344	6.337	6.329	6.322	6.314	6.306	6.287	6.280	6.280	6.279	6.267	6.261	6.257	6.253	6.249	6.245	6.241	140
-120	6.262	6.255	6.246	6.238	6.229	6.223	6.203	6.196	6.196	6.195	6.179	6.173	6.169	6.165	6.161	6.157	6.153	120
-100	6.159	6.152	6.143	6.135	6.126	6.120	6.099	6.092	6.092	6.091	6.071	6.065	6.061	6.057	6.053	6.049	6.045	100
-80	6.035	6.021	6.007	5.994	5.980	5.965	5.931	5.924	5.924	5.923	5.907	5.901	5.897	5.893	5.889	5.885	5.881	80
-60	5.991	5.976	5.961	5.945	5.929	5.913	5.878	5.780	5.780	5.782	5.767	5.760	5.754	5.748	5.742	5.736	5.730	60
-40	5.730	5.713	5.696	5.679	5.662	5.645	5.628	5.611	5.594	5.577	5.560	5.543	5.526	5.509	5.492	5.475	5.458	40
-20	5.500	5.511	5.512	5.513	5.514	5.515	5.516	5.517	5.518	5.519	5.520	5.521	5.522	5.523	5.524	5.525	5.526	20
0	5.354	5.333	5.311	5.292	5.271	5.250	5.228	5.205	5.182	5.159	5.136	5.113	5.091	5.069	5.047	5.025	5.003	0
20	5.141	5.119	5.097	5.074	5.052	5.029	5.006	4.983	4.960	4.937	4.914	4.891	4.868	4.845	4.822	4.799	4.776	20
40	4.913	4.890	4.868	4.845	4.821	4.797	4.773	4.749	4.724	4.699	4.674	4.649	4.624	4.599	4.574	4.549	4.524	40
60	4.681	4.657	4.633	4.609	4.585	4.561	4.537	4.513	4.489	4.465	4.441	4.417	4.393	4.369	4.345	4.321	4.297	60
80	4.411	4.384	4.357	4.330	4.303	4.276	4.249	4.221	4.194	4.166	4.138	4.110	4.083	4.055	4.027	4.000	3.972	80
100	4.136	4.110	4.082	4.054	4.026	3.997	3.969	3.940	3.911	3.882	3.853	3.824	3.795	3.766	3.737	3.708	3.679	100
120	3.852	3.823	3.794	3.764	3.734	3.704	3.674	3.644	3.614	3.584	3.554	3.524	3.494	3.464	3.434	3.404	3.374	120
140	3.554	3.523	3.492	3.462	3.431	3.400	3.369	3.338	3.307	3.276	3.245	3.214	3.183	3.152	3.121	3.090	3.059	140
160	3.243	3.211	3.179	3.147	3.115	3.083	3.051	3.019	2.987	2.955	2.923	2.891	2.859	2.827	2.795	2.763	2.731	160
180	2.920	2.887	2.854	2.821	2.788	2.755	2.722	2.689	2.656	2.623	2.590	2.557	2.524	2.491	2.458	2.425	2.392	180
200	2.597	2.563	2.529	2.495	2.461	2.427	2.393	2.359	2.325	2.291	2.257	2.223	2.189	2.155	2.121	2.087	2.053	200
220	2.243	2.208	2.173	2.138	2.103	2.068	2.033	1.998	1.963	1.928	1.893	1.858	1.823	1.788	1.753	1.718	1.683	220
240	1.869	1.834	1.799	1.764	1.729	1.693	1.658	1.623	1.588	1.553	1.518	1.483	1.448	1.413	1.378	1.343	1.308	240
260	1.527	1.491	1.455	1.419	1.383	1.347	1.311	1.275	1.239	1.203	1.167	1.131	1.095	1.059	1.023	987	951	260
280	1.195	1.158	1.121	1.084	1.047	1.010	0.973	0.936	0.899	0.862	0.825	0.788	0.751	0.714	0.677	0.640	0.603	280
300	0.877	0.839	0.801	0.763	0.725	0.687	0.649	0.611	0.573	0.535	0.497	0.459	0.421	0.383	0.345	0.307	0.269	300
320	0.632	0.593	0.555	0.516	0.477	0.438	0.399	0.360	0.321	0.282	0.243	0.204	0.165	0.126	0.087	0.048	0.009	320
340	0.000	0.039	0.079	0.119	0.159	0.199	0.239	0.279	0.319	0.359	0.399	0.439	0.479	0.519	0.559	0.599	0.639	340
360	0.678	0.717	0.757	0.797	0.837	0.877	0.917	0.957	0.997	1.037	1.077	1.117	1.157	1.197	1.237	1.277	1.317	360
380	1.357	1.396	1.436	1.476	1.516	1.556	1.596	1.636	1.676	1.716	1.756	1.796	1.836	1.876	1.916	1.956	1.996	380
400	2.036	2.075	2.115	2.155	2.195	2.235	2.275	2.315	2.355	2.395	2.435	2.475	2.515	2.555	2.595	2.635	2.675	400
420	2.715	2.754	2.794	2.834	2.874	2.914	2.954	2.994	3.034	3.074	3.114	3.154	3.194	3.234	3.274	3.314	3.354	420
440	3.434	3.473	3.513	3.553	3.593	3.633	3.673	3.713	3.753	3.793	3.833	3.873	3.913	3.953	3.993	4.033	4.073	440
460	4.153	4.192	4.232	4.272	4.312	4.352	4.392	4.432	4.472	4.512	4.552	4.592	4.632	4.672	4.712	4.752	4.792	460
480	4.912	4.951	4.991	5.031	5.071	5.111	5.151	5.191	5.231	5.271	5.311	5.351	5.391	5.431	5.471	5.511	5.551	480
500	5.671	5.710	5.750	5.790	5.830	5.870	5.910	5.950	5.990	6.030	6.070	6.110	6.150	6.190	6.230	6.270	6.310	500
520	6.430	6.469	6.509	6.549	6.589	6.629	6.669	6.709	6.749	6.789	6.829	6.869	6.909	6.949	6.989	7.029	7.069	520
540	7.229	7.268	7.308	7.348	7.388	7.428	7.468	7.508	7.548	7.588	7.628	7.668	7.708	7.748	7.788	7.828	7.868	540
560	8.028	8.067	8.107	8.147	8.187	8.227	8.267	8.307	8.347	8.387	8.427	8.467	8.507	8.547	8.587	8.627	8.667	560
580	8.867	8.906	8.946	8.986	9.026	9.066	9.106	9.146	9.186	9.226	9.266	9.306	9.346	9.386	9.426	9.466	9.506	580
600	9.706	9.745	9.785	9.825	9.865	9.905	9.945	9.985	10.025	10.065	10.105	10.145	10.185	10.225	10.265	10.305	10.345	600
620	10.585	10.624	10.664	10.704	10.744	10.784	10.824	10.864	10.904	10.944	10.984	11.024	11.064	11.104	11.144	11.184	11.224	620
640	11.464	11.503	11.543	11.583	11.623	11.663	11.703	11.743	11.783	11.823	11.863	11.903	11.943	11.983	12.023	12.063	12.103	640
660	12.383	12.422	12.462	12.502	12.542	12.582	12.622	12.662	12.702	12.742	12.782	12.822	12.862	12.902	12.942	12.982	13.022	660
680	13.302	13.341	13.381	13.421	13.461	13.501	13.541	13.581	13.621	13.661	13.701	13.741	13.781	13.821	13.861	13.901	13.941	680
700	14.261	14.300	14.340	14.380	14.420	14.460	14.500	14.540	14.580	14.620	14.660	14.700	14.740	14.780	14.820	14.860	14.900	700
720	15.221	15.260	15.300	15.340	15.380	15.420	15.460	15.500	15.540	15.580	15.620	15.660	15.700	15.740	15.780	15.820	15.860	720
740	16.221	16.260	16.300	16.340	16.380	16.420	16.460	16.500	16.540	16.580	16.620	16.660	16.700	16.740	16.780	16.820	16.860	740
760	17.221	17.260	17.300	17.340	17.380	17.420	17.460	17.500	17.540	17.580	17.620	17.660	17.700	17.740	17.780	17.820	17.860	760
780	18.221	18.260	18.300	18.340	18.380	18.420	18.460	18.500	18.540	18.580	18.620	18.660	18.700	18.740	18.780	18.820	18.860	780
800	19.221	19.260	19.300	19.340	19.380	19.420	19.460	19.500	19.540	19.580	19.620	19.660	19.700	19.740	19.780	19.820	19.860	800
820	20.221	20.260	20.300	20.340	20.380	20.420	20.460	20.500	20.540	20.580	20.620	20.660	20.700	20.740	20.780	20.820	20.860	820
840	21.221	21.260	21.300	21.340	21.380	21.420	21.460	21.500	21.540	21.580	21.620	21.660	21.700	21.740	21.780	21.820	21.860	840
860	22.221	22.260	22.300	22.340	22.380	22.420	22.460	22.500	22.540	22.580	22.620	22.660	22.700	22.740	22.780	22.820	22.860	860
880	23.221	23.260	23.300	23.340	23.380	23.420	23.460	23.500	23.540	23.580	23.620	23.660	23.700	23.740	23.780	23.820	23.860	880
900	24.221	24.260	24.300	24.340	24.380	24.420	24.460	24.500	24.540	24.580	24.620	24.660	24.700	24.740	24.780	24.820	24.860	900

Lampiran B.

Datasheet MAX6675

EVALUATION KIT AVAILABLE

MAX6675

Cold-Junction-Compensated K-Thermocouple-to-Digital Converter (0°C to +1024°C)

General Description

The MAX6675 performs cold-junction compensation and digitizes the signal from a type-K thermocouple. The data is output in a 12-bit resolution, SPI™-compatible, read-only format.

This converter resolves temperatures to 0.25°C, allows readings as high as +1024°C, and exhibits thermocouple accuracy of 0.5LSBs for temperatures ranging from 0°C to +700°C.

The MAX6675 is available in a small, 8-pin SO package.

Applications

- Industrial
- Appliances
- HVAC

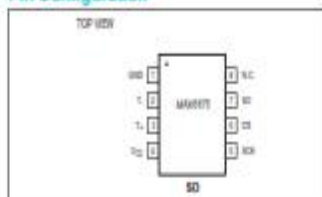
Features

- Direct Digital Conversion of Type-K Thermocouple Output
- Cold-Junction Compensation
- Simple SPI-Compatible Serial Interface
- 12-Bit, 0.25°C Resolution
- Open Thermocouple Detection

Ordering Information

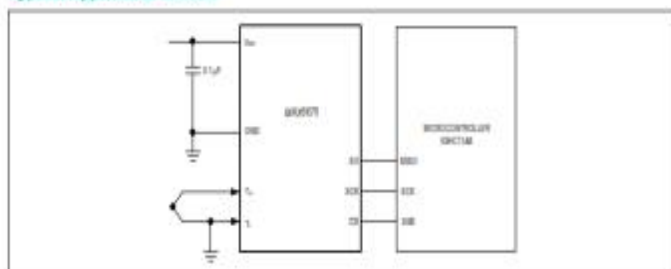
PART	TEMP RANGE	PIN-PACKAGE
MAX6675ISA	-20°C to +85°C	8 SO

Pin Configuration



SPI is a trademark of Motorola, Inc.

Typical Application Circuit



MAX6675**Cold-Junction-Compensated K-Thermocouple-to-Digital Converter (0°C to +1024°C)****General Description**

The MAX6675 performs cold-junction compensation and digitizes the signal from a type-K thermocouple. The data is output in a 12-bit resolution, SPI™-compatible, read-only format.

This converter resolves temperatures to 0.25°C, allows readings as high as +1024°C, and exhibits thermocouple accuracy of 0.5% for temperatures ranging from 0°C to +700°C.

The MAX6675 is available in a small, 8-pin SO package.

Applications

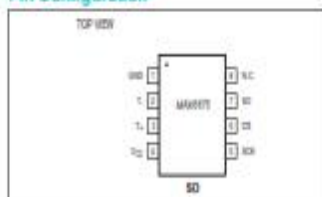
- Industrial
- Appliances
- HVAC

Features

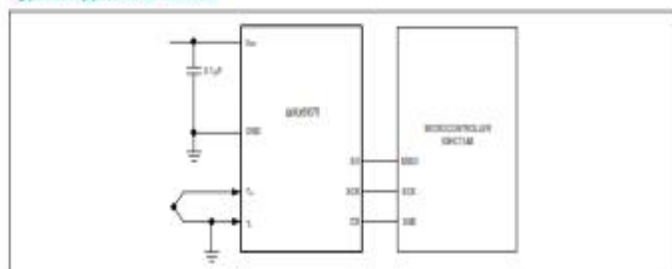
- Direct Digital Conversion of Type-K Thermocouple Output
- Cold-Junction Compensation
- Simple SPI-Compatible Serial Interface
- 12-Bit, 0.25°C Resolution
- Open Thermocouple Detection

Ordering Information

PART	TEMP RANGE	PIN-PACKAGE
MAX6675ISA	-25°C to +85°C	8 SO

Pin Configuration

SPI is a trademark of Motorola, Inc.

Typical Application Circuit

MAX6675

Cold-Junction-Compensated K-Thermocouple-to-Digital Converter (0°C to +1024°C)

Absolute Maximum Ratings

Supply Voltage (V_{CC} to GND)	-0.3V to +6V
SO, SCK, CS, T-, T+ to GND	-0.3V to V_{CC} + 0.3V
SO Current	50mA
ESD Protection (Human Body Model)	±2000V
Continuous Power Dissipation (T_A = +70°C)	
8-Pin SO (derate 5.88mW/°C above +70°C)	471mW
Operating Temperature Range	-20°C to +85°C

Storage Temperature Range	-65°C to +150°C
Junction Temperature	+150°C
SO Package	
Vapor Phase (60s)	+215°C
Infrared (15s)	+220°C
Lead Temperature (soldering, 10s)	+300°C

Stresses beyond those listed under "Absolute Maximum Ratings" may cause permanent damage to the device. These are stress ratings only, and functional operation of the device at these or any other conditions beyond those indicated in the operational sections of the specifications is not implied. Exposure to absolute maximum rating conditions for extended periods may affect device reliability.

Electrical Characteristics

(V_{CC} = +3.0V to +5.5V, T_A = -20°C to +85°C, unless otherwise noted. Typical values specified at +25°C.) (Note 1)

PARAMETER	SYMBOL	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
Temperature Error		THERMOCOUPLE = +700°C, V_{CC} = +3.3V	-5		+5	LSB
		T_A = +25°C (Note 2), V_{CC} = +5V	-6		+6	
		THERMOCOUPLE = 0°C to +700°C, T_A = +25°C (Note 2), V_{CC} = +3.3V	-8		+8	
		V_{CC} = +5V	-9		+9	
		THERMOCOUPLE = +700°C to +1000°C, T_A = +25°C (Note 2), V_{CC} = +3.3V	-17		+17	
		V_{CC} = +5V	-19		+19	
Thermocouple Conversion Constant				10.25		μV/LSB
Cold-Junction Compensation Error		T_A = -20°C to +85°C (Note 2), V_{CC} = +3.3V V_{CC} = +5V	-3.0		+3.0	°C
Resolution				0.25		°C
Thermocouple Input Impedance				60		kΩ
Supply Voltage	V_{CC}		3.0		5.5	V
Supply Current	I_{CC}			0.7	1.5	mA
Power-On Reset Threshold		V_{CC} rising	1	2	2.5	V
Power-On Reset Hysteresis				50		mV
Conversion Time		(Note 2)		0.17	0.22	s
SERIAL INTERFACE						
Input Low Voltage	V_{IL}				0.3 x V_{CC}	V
Input High Voltage	V_{IH}				0.7 x V_{CC}	V
Input Leakage Current	I_{LAK}	V_{IN} = GND or V_{CC}			±5	μA
Input Capacitance	C_{IN}				5	pF

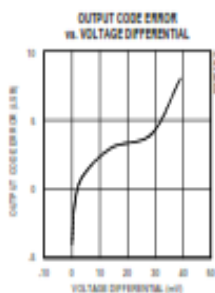
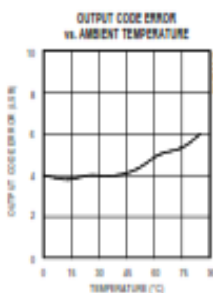
Electrical Characteristics (continued)

(V_{CC} = +3.0V to +5.5V, T_A = -20°C to +85°C, unless otherwise noted. Typical values specified at +25°C.) (Note 1)

PARAMETER	SYMBOL	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
Output High Voltage	V _{OH}	I _{SOURCE} = 1.6mA	V _{CC} - 0.4			V
Output Low Voltage	V _{OL}	I _{SENK} = 1.6mA			0.4	V
TIMING						
Serial Clock Frequency	f _{SCL}			4.3		MHz
SCK Pulse High Width	t _{CH}		100			ns
SCK Pulse Low Width	t _{CL}		100			ns
CSB Fall to SCK Rise	t _{CSF}	C _L = 10pF	100			ns
CSB Fall to Output Enable	t _{OE}	C _L = 10pF			100	ns
CSB Rise to Output Disable	t _{OD}	C _L = 10pF			100	ns
SCK Fall to Output Data Valid	t _{DOV}	C _L = 10pF			100	ns

Note 1: All specifications are 100% tested at T_A = +25°C. Specification limits over temperature (T_A = T_{MIN} to T_{MAX}) are guaranteed by design and characterization, not production tested.**Note 2:** Guaranteed by design. Not production tested.

Typical Operating Characteristics

(V_{CC} = +3.3V, T_A = +25°C, unless otherwise noted.)

Applications Information

Serial Interface

The *Typical Application Circuit* shows the MAX6675 interfaced with a microcontroller. In this example, the MAX6675 processes the reading from the thermocouple and transmits the data through a serial interface. Force \overline{CS} low and apply a clock signal at SCK to read the results at SO. Forcing \overline{CS} low immediately stops any conversion process. Initiate a new conversion process by forcing \overline{CS} high.

Force \overline{CS} low to output the first bit on the SO pin. A complete serial interface read requires 16 clock cycles. Read the 16 output bits on the falling edge of the clock. The first bit, D15, is a dummy sign bit and is always zero. Bits D14–D3 contain the converted temperature in the order of MSB to LSB. Bit D2 is normally low and goes high when the thermocouple input is open. D1 is low to provide a device ID for the MAX6675 and bit D0 is three-state.

Figure 1a is the serial interface protocol and Figure 1b shows the serial interface timing. Figure 2 is the SO output.

Open Thermocouple

Bit D2 is normally low and goes high if the thermocouple input is open. In order to allow the operation of the open thermocouple detector, T₋ must be grounded. Make the ground connection as close to the GND pin as possible.

Noise Considerations

The accuracy of the MAX6675 is susceptible to power-supply coupled noise. The effects of power-supply noise can be minimized by placing a 0.1μF ceramic bypass capacitor close to the supply pin of the device.

Thermal Considerations

Self-heating degrades the temperature measurement accuracy of the MAX6675 in some applications. The magnitude of the temperature errors depends on the thermal conductivity of the MAX6675 package, the

mounting technique, and the effects of airflow. Use a large ground plane to improve the temperature measurement accuracy of the MAX6675.

The accuracy of a thermocouple system can also be improved by following these precautions:

- Use the largest wire possible that does not shunt heat away from the measurement area.
- If small wire is required, use it only in the region of the measurement and use extension wire for the region with no temperature gradient.
- Avoid mechanical stress and vibration, which could strain the wires.
- When using long thermocouple wires, use a twisted-pair extension wire.
- Avoid steep temperature gradients.
- Try to use the thermocouple wire well within its temperature rating.
- Use the proper sheathing material in hostile environments to protect the thermocouple wire.
- Use extension wire only at low temperatures and only in regions of small gradients.
- Keep an event log and a continuous record of thermocouple resistance.

Reducing Effects of Pick-Up Noise

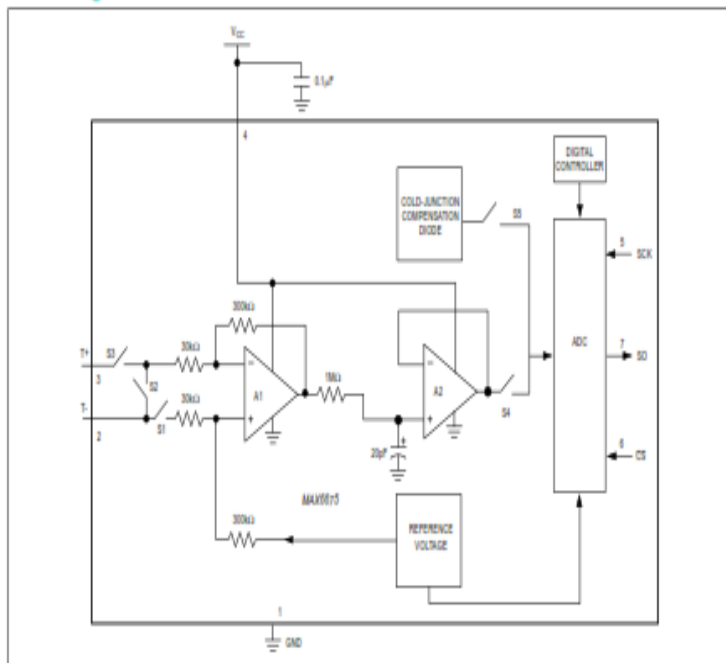
The input amplifier (A1) is a low-noise amplifier designed to enable high-precision input sensing. Keep the thermocouple and connecting wires away from electrical noise sources.

Chip Information

TRANSISTOR COUNT: 6720

PROCESS: BICMOS

Block Diagram



Package Information

For the latest package outline information and land patterns (footprints), go to www.maximintegrated.com/packages. Note that a "+", "H", or "L" in the package code indicates RoHS status only. Package drawings may show a different suffix character, but the drawing pertains to the package regardless of RoHS status.

PACKAGE TYPE	PACKAGE CODE	OUTLINE NO.	LAND PATTERN NO.
8 SO	S8+2	21-0041	90-0096

Lampiran C.

Datasheet Mikrokontroler Atmega 32

Features

- High-performance, Low-power Atmel® AVR® 8-bit Microcontroller
- Advanced RISC Architecture
 - 131 Powerful Instructions - Most Single-clock Cycle Execution
 - 32 x 8 General Purpose Working Registers
 - Fully Static Operation
 - Up to 16 MIPS Throughput at 16MHz
 - On-chip 2-cycle Multiplier
- High Endurance Non-volatile Memory segments
 - 32Kbytes of In-System Self-programmable Flash program memory
 - 1024 Bytes EEPROM
 - 2Kbytes Internal SRAM
 - Write/Erase Cycles: 10,000 Flash/100,000 EEPROM
 - Data retention: 20 years at 85°C/100 years at 25°C⁽¹⁾
 - Optional Boot Code Section with Independent Lock Bits
 - In-System Programming by On-chip Boot Program
 - True Read-While-Write Operation
 - Programming Lock for Software Security
- JTAG (IEEE std. 1149.1 Compliant) Interface
 - Boundary-scan Capabilities According to the JTAG Standard
 - Extensive On-chip Debug Support
 - Programming of Flash, EEPROM, Fuses, and Lock Bits through the JTAG Interface
- Peripheral Features
 - Two 8-bit Timer/Counters with Separate Prescalers and Compare Modes
 - One 16-bit Timer/Counter with Separate Prescaler, Compare Mode, and Capture Mode
 - Real Time Counter with Separate Oscillator
 - Four PWM Channels
 - 8-channel, 10-bit ADC
 - 8 Single-ended Channels
 - 7 Differential Channels in TQFP Package Only
 - 2 Differential Channels with Programmable Gain at 1x, 10x, or 200x
 - Byte-oriented Two-wire Serial Interface
 - Programmable Serial USART
 - Master/Slave SPI Serial Interface
 - Programmable Watchdog Timer with Separate On-chip Oscillator
 - On-chip Analog Comparator
- Special Microcontroller Features
 - Power-on Reset and Programmable Brown-out Detection
 - Internal Calibrated RC Oscillator
 - External and Internal Interrupt Sources
 - Six Sleep Modes: Idle, ADC Noise Reduction, Power-save, Power-down, Standby and Extended Standby
- I/O and Packages
 - 32 Programmable I/O Lines
 - 40-pin PDIP, 44-lead TQFP, and 44-pad QFN/MLF
- Operating Voltages
 - 2.7V - 5.5V for ATmega32L
 - 4.5V - 5.5V for ATmega32
- Speed Grades
 - 0 - 8MHz for ATmega32L
 - 0 - 16MHz for ATmega32
- Power Consumption at 1MHz, 3V, 25°C
 - Active: 1.1mA
 - Idle Mode: 0.35mA
 - Power-down Mode: < 1µA



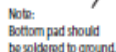
8-bit AVR®
Microcontroller
with 32KBytes
In-System
Programmable
Flash

ATmega32
ATmega32L

25503Q-AVR-02/11



Figure 1. Pinout ATmega32



The Atmel®AVR®AVR core combines a rich instruction set with 32 general purpose working registers. All the 32 registers are directly connected to the Arithmetic Logic Unit (ALU), allowing two independent registers to be accessed in one single instruction executed in one clock cycle. The resulting architecture is more code efficient while achieving throughputs up to ten times faster than conventional CISC microcontrollers.

The ATmega32 provides the following features: 32Kbytes of In-System Programmable Flash Program memory with Read-While-Write capabilities, 1024bytes EEPROM, 2Kbyte SRAM, 32 general purpose I/O lines, 32 general purpose working registers, a JTAG interface for Boundary-scan, On-chip Debugging support and programming, three flexible Timer/Counters with compare modes, Internal and External Interrupts, a serial programmable USART, a byte oriented Two-wire Serial Interface, an 8-channel, 10-bit ADC with optional differential input stage with programmable gain (TQFP package only), a programmable Watchdog Timer with Internal Oscillator, an SPI serial port, and six software selectable power saving modes. The Idle mode stops the CPU while allowing the USART, Two-wire Interface, A/D Converter, SRAM, Timer/Counters, SPI port, and interrupt system to continue functioning. The Power-down mode saves the register contents but freezes the Oscillator, disabling all other chip functions until the next External Interrupt or Hardware Reset. In Power-save mode, the Asynchronous Timer continues to run, allowing the user to maintain a timer base while the rest of the device is sleeping. The ADC Noise Reduction mode stops the CPU and all I/O modules except Asynchronous Timer and ADC, to minimize switching noise during ADC conversions. In Standby mode, the crystal/resonator Oscillator is running while the rest of the device is sleeping. This allows very fast start-up combined with low-power consumption. In Extended Standby mode, both the main Oscillator and the Asynchronous Timer continue to run.

The device is manufactured using Atmel's high density nonvolatile memory technology. The On-chip ISP Flash allows the program memory to be reprogrammed In-system through an SPI serial interface, by a conventional nonvolatile memory programmer, or by an On-chip Boot program running on the AVR core. The boot program can use any interface to download the application program in the Application Flash memory. Software in the Boot Flash section will continue to run while the Application Flash section is updated, providing true Read-While-Write operation. By combining an 8-bit RISC CPU with In-System Self-Programmable Flash on a monolithic chip, the Atmel ATmega32 is a powerful microcontroller that provides a highly-flexible and cost-effective solution to many embedded control applications.

The Atmel AVR ATmega32 is supported with a full suite of program and system development tools including: C compilers, macro assemblers, program debugger/simulators, In-circuit emulators, and evaluation kits.

Pin Descriptions

VCC Digital supply voltage.

GND Ground.

Port A (PA7..PA0) Port A serves as the analog inputs to the A/D Converter.

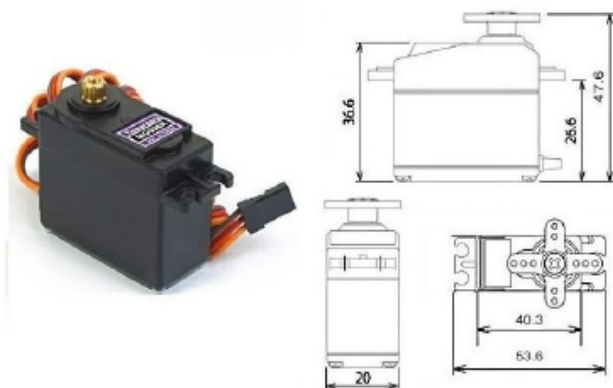
Port A also serves as an 8-bit bi-directional I/O port, if the A/D Converter is not used. Port pins can provide internal pull-up resistors (selected for each bit). The Port A output buffers have symmetrical drive characteristics with both high sink and source capability. When pins PA0 to PA7 are used as inputs and are externally pulled low, they will source current if the internal pull-up resistors are activated. The Port A pins are tri-stated when a reset condition becomes active, even if the clock is not running.

Port B (PB7..PB0)	<p>Port B is an 8-bit bi-directional I/O port with internal pull-up resistors (selected for each bit). The Port B output buffers have symmetrical drive characteristics with both high sink and source capability. As inputs, Port B pins that are externally pulled low will source current if the pull-up resistors are activated. The Port B pins are tri-stated when a reset condition becomes active, even if the clock is not running.</p> <p>Port B also serves the functions of various special features of the ATmega32 as listed on page 57.</p>
Port C (PC7..PC0)	<p>Port C is an 8-bit bi-directional I/O port with internal pull-up resistors (selected for each bit). The Port C output buffers have symmetrical drive characteristics with both high sink and source capability. As inputs, Port C pins that are externally pulled low will source current if the pull-up resistors are activated. The Port C pins are tri-stated when a reset condition becomes active, even if the clock is not running. If the JTAG interface is enabled, the pull-up resistors on pins PC5(TDI), PC3(TMS) and PC2(TCK) will be activated even if a reset occurs.</p> <p>The TD0 pin is tri-stated unless TAP states that shift out data are entered.</p> <p>Port C also serves the functions of the JTAG interface and other special features of the ATmega32 as listed on page 60.</p>
Port D (PD7..PD0)	<p>Port D is an 8-bit bi-directional I/O port with internal pull-up resistors (selected for each bit). The Port D output buffers have symmetrical drive characteristics with both high sink and source capability. As inputs, Port D pins that are externally pulled low will source current if the pull-up resistors are activated. The Port D pins are tri-stated when a reset condition becomes active, even if the clock is not running.</p> <p>Port D also serves the functions of various special features of the ATmega32 as listed on page 62.</p>
<u>RESET</u>	<p>Reset Input. A low level on this pin for longer than the minimum pulse length will generate a reset, even if the clock is not running. The minimum pulse length is given in Table 15 on page 37. Shorter pulses are not guaranteed to generate a reset.</p>
XTAL1	Input to the Inverting Oscillator amplifier and input to the Internal clock operating circuit.
XTAL2	Output from the Inverting Oscillator amplifier.
AVCC	AVCC is the supply voltage pin for Port A and the A/D Converter. It should be externally connected to V_{CC} , even if the ADC is not used. If the ADC is used, it should be connected to V_{CC} through a low-pass filter.
AREF	AREF is the analog reference pin for the A/D Converter.

Lampiran D.

Datasheet Motor Servo MG 996R Tower Pro

MG996R High Torque Metal Gear Dual Ball Bearing Servo



This High-Torque MG996R Digital Servo features metal gearing resulting in extra high 10kg stalling torque in a tiny package. The MG996R is essentially an upgraded version of the famous MG995 servo, and features upgraded shock-proofing and a redesigned PCB and IC control system that make it much more accurate than its predecessor. The gearing and motor have also been upgraded to improve dead bandwith and centering. The unit comes complete with 30cm wire and 3 pin 'S' type female header connector that fits most receivers, including Futaba, JR, GWS, Cirrus, Blue Bird, Blue Arrow, Corona, Berg, Spektrum and Hitec.


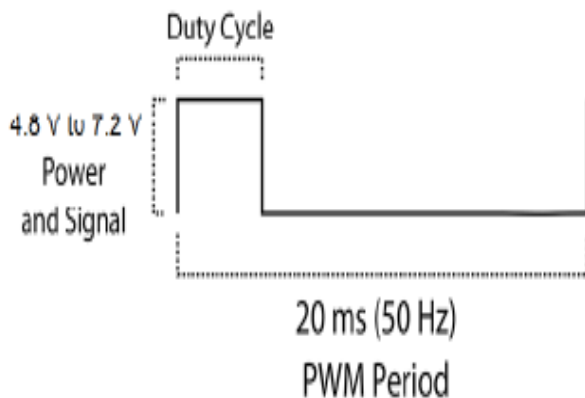
This high-torque standard servo can rotate approximately 120 degrees (60 in each direction). You can use any servo code, hardware or library to control these servos, so it's great for beginners who want to make stuff move without building a motor controller with feedback & gear box, especially since it will fit in small places. The MG996R Metal Gear Servo also comes with a selection of arms and hardware to get you set up nice and fast!

Specifications

- Weight: 55 g
- Dimension: 40.7 x 19.7 x 42.9 mm approx.
- Stall torque: 9.4 kgf-cm (4.8 V), 11 kgf-cm (6 V)
- Operating speed: 0.17 s/60° (4.8 V), 0.14 s/60° (6 V)

- Operating voltage: 4.8 V a 7.2 V
- Running Current 500 mA – 900 mA (6V)
- Stall Current 2.5 A (6V)
- Dead band width: 5 μ s
- Stable and shock proof double ball bearing design
- Temperature range: 0 °C – 55 °C

PWM=Orange (\square)
 Vcc = Red (+)
 Ground=Brown (-)

Lampiran E.

Listing Program pada software CVACR

/*****

This program was created by the
CodeWizardAVR V3.12 Advanced
Automatic Program Generator
© Copyright 1998-2014 Pavel Haiduc, HP InfoTech s.r.l.
<http://www.hpinfotech.com>

Project : Oil Sludge
Version :
Date : 23/05/2017
Author :
Company :
Comments:

Chip type : ATmega32
Program type : Application
AVR Core Clock frequency: 8.000000 MHz
Memory model : Small
External RAM size : 0
Data Stack size : 512

*****/

```
#include <mega32.h>
#include <delay.h>
#include <stdlib.h>
```

```
// Alphanumeric LCD functions
#include <alcd.h>
```

```
#define thermocouple1 PORTA.0
#define thermocouple2 PORTA.1
```

```
#define trigger_ultra PORTA.7
#define echo_ultra PINA.6
```

```
#define ButtonUp PINA.2
#define ButtonDown PINA.3
#define ButtonRight PINA.4
#define ButtonOK PINA.5
```

```
#include "serial.c"
// Declare your global variables here
unsigned char x, servo_ultra, servo_ther1, servo_ther2;
float suhu1, suhu2;
int flag_set, set=0, state;
float suhu, ketinggian1, ketinggian=0.0;
```

```

int setpoint_ketinggian= 10, setpoint_suhu1=100, setpoint_suhu2=30; //setpoint default
int setpoint_suhu11,setpoint_suhu22,setpoint_ketinggiann;
unsigned char lcd_buffer1[16], lcd_buffer2[16], lcd_buffer3[16],lcd_buffer4[16];
unsigned char cetak_s1[16],cetak_s2[16],cetak_s3[16];
enum menu{t1,s1,s2};
#include <stdio.h>

//kontrol servo
// Timer 0 overflow interrupt service routine
interrupt [TIM0_OVF] void timer0_ovf_isr(void)
{
    // Reinitialize Timer 0 value
    TCNT0=0xB2;
    // Place your code here
    x++;

    if(x>=servo_ultra)PORTB.0 = 0;
    else PORTB.0 = 1;

    if(x>=servo_ther1)PORTB.1 = 0;
    else PORTB.1 = 1;

    if(x>=servo_ther2)PORTB.2 = 0;
    else PORTB.2 = 1;

    if(x>=255){x=0;}
}

// SPI functions
#include <spi.h>

void read_thermocouple(){
    unsigned int baca_suhu;
    baca_suhu = (unsigned) spi(0)<<8;  //baca byte MSB
    //baca LSB dengan SPI dan gabungkan dengan MSB
    baca_suhu |= spi(0);
    thermocouple1 = 1; //baca sensor dimatikan
    thermocouple2 = 1;
    delay_ms(200);
    if(ButtonOK==0){flag_set++; delay_ms(1000); set=flag_set%2;}
    //hitung tegangan dalam mV
    suhu = (((float)baca_suhu*5000)/4096)/40;
}

void HCSR04Trigger()
{
    trigger_ultra=1;    //high
    delay_us(10);      //wait 10uS
    trigger_ultra=0;    //low
}

```

```

void read_ultrasonic()
{
    long i,result;

    //Send a trigger pulse
    HCSR04Trigger();

    //menunggu hingga echo rising egde 25uS
    for(i=0;i<600000;i++){
        if(echo_ultra!=1)
            continue; //Line is still low, so wait
        else
            break; //High edge detected, so break.
    }

    if(i==600000)
        ketinggian=10000000; //Indicates time out

    //High Edge Found

    //Setup Timer1
    TCCR1A=0X00;
    TCCR1B=0x01;
    TCNT1=0x00; //Init counter

    //Now wait for the falling edge
    for(i=0;i<600000;i++){
        if(echo_ultra==1)
        {
            if(TCNT1> 60000) break; else continue;
        }
        else
            break;
    }

    if(i==600000) // 60ms
        ketinggian=10000000; //Indicates time out

    //Falling edge found

    result=TCNT1;

    //Stop Timer
    TCCR1B=0x00;

    if(result>60000) // 60ms dan maksimal 38ms
        ketinggian=10000000; //No obstacle
    else{
        ketinggian=((result+50)/58/8)-20)*-1; // ditambahkan dengan konstanta = 50
    }
}

```



```

}
//pengaturan tampil 3 digit value
void digit_3(int a, int xx, int yy){
if(a >= 100){lcd_gotoxy(xx,yy);}
if(a < 100 && a >= 10){lcd_gotoxy(xx,yy); lcd_puts(" ");lcd_gotoxy(xx+1,yy);}
if(a < 10) {lcd_gotoxy(xx,yy); lcd_puts(" ");lcd_gotoxy(xx+2,yy);}
}

void main(void)
{
// Declare your local variables here

// Input/Output Ports initialization
// Port A initialization
// Function: Bit7=Out Bit6=In Bit5=In Bit4=In Bit3=In Bit2=In Bit1=Out Bit0=Out
DDRA=(1<<DDA7) | (0<<DDA6) | (0<<DDA5) | (0<<DDA4) | (0<<DDA3) |
(0<<DDA2) | (1<<DDA1) | (1<<DDA0);
// State: Bit7=0 Bit6=0 Bit5=P Bit4=P Bit3=P Bit2=P Bit1=0 Bit0=0
PORTA=(0<<PORTA7) | (0<<PORTA6) | (1<<PORTA5) | (1<<PORTA4) |
(1<<PORTA3) | (1<<PORTA2) | (0<<PORTA1) | (0<<PORTA0);

// Port B initialization
// Function: Bit7=Out Bit6=In Bit5=Out Bit4=Out Bit3=In Bit2=Out Bit1=Out Bit0=Out
DDRB=(1<<ddb7) | (0<<ddb6) | (1<<ddb5) | (1<<ddb4) | (0<<ddb3) |
(1<<ddb2) | (1<<ddb1) | (1<<ddb0);
// State: Bit7=0 Bit6=T Bit5=0 Bit4=0 Bit3=T Bit2=0 Bit1=0 Bit0=0
PORTB=(0<<PORTB7) | (0<<PORTB6) | (0<<PORTB5) | (0<<PORTB4) |
(0<<PORTB3) | (0<<PORTB2) | (0<<PORTB1) | (0<<PORTB0);

// Port C initialization
// Function: Bit7=In Bit6=In Bit5=In Bit4=In Bit3=In Bit2=In Bit1=In Bit0=In
DDRC=(0<<DDC7) | (0<<DDC6) | (0<<DDC5) | (0<<DDC4) | (0<<DDC3) |
(0<<DDC2) | (0<<DDC1) | (0<<DDC0);
// State: Bit7=T Bit6=T Bit5=T Bit4=T Bit3=T Bit2=T Bit1=T Bit0=T
PORTC=(0<<PORTC7) | (0<<PORTC6) | (0<<PORTC5) | (0<<PORTC4) |
(0<<PORTC3) | (0<<PORTC2) | (0<<PORTC1) | (0<<PORTC0);

// Port D initialization
// Function: Bit7=In Bit6=In Bit5=In Bit4=In Bit3=In Bit2=In Bit1=In Bit0=In
DDRD=(0<<DDD7) | (0<<DDD6) | (0<<DDD5) | (0<<DDD4) | (0<<DDD3) |
(0<<DDD2) | (0<<DDD1) | (0<<DDD0);
// State: Bit7=T Bit6=T Bit5=T Bit4=T Bit3=T Bit2=T Bit1=T Bit0=T
PORTD=(0<<PORTD7) | (0<<PORTD6) | (0<<PORTD5) | (0<<PORTD4) |
(0<<PORTD3) | (0<<PORTD2) | (0<<PORTD1) | (0<<PORTD0);

// Timer/Counter 0 initialization
// Clock source: System Clock
// Clock value: 1000.000 kHz
// Mode: Normal top=0xFF
// OC0 output: Disconnected
// Timer Period: 0.078 ms

```

```
TCCR0=(0<<WGM00) | (0<<COM01) | (0<<COM00) | (0<<WGM01) | (0<<CS02) |  
(1<<CS01) | (0<<CS00);  
TCNT0=0xB2;  
OCR0=0x00;
```

```
// Timer/Counter 1 initialization  
// Clock source: System Clock  
// Clock value: Timer1 Stopped  
// Mode: Normal top=0xFFFF  
// OC1A output: Disconnected  
// OC1B output: Disconnected  
// Noise Canceler: Off  
// Input Capture on Falling Edge  
// Timer1 Overflow Interrupt: Off  
// Input Capture Interrupt: Off  
// Compare A Match Interrupt: Off  
// Compare B Match Interrupt: Off  
TCCR1A=(0<<COM1A1) | (0<<COM1A0) | (0<<COM1B1) | (0<<COM1B0) |  
(0<<WGM11) | (0<<WGM10);  
TCCR1B=(0<<ICNC1) | (0<<ICES1) | (0<<WGM13) | (0<<WGM12) | (0<<CS12) |  
(0<<CS11) | (0<<CS10);  
TCNT1H=0x00;  
TCNT1L=0x00;  
ICR1H=0x00;  
ICR1L=0x00;  
OCR1AH=0x00;  
OCR1AL=0x00;  
OCR1BH=0x00;  
OCR1BL=0x00;
```

```
// Timer/Counter 2 initialization  
// Clock source: System Clock  
// Clock value: Timer2 Stopped  
// Mode: Normal top=0xFF  
// OC2 output: Disconnected  
ASSR=0<<AS2;  
TCCR2=(0<<PWM2) | (0<<COM21) | (0<<COM20) | (0<<CTC2) | (0<<CS22) |  
(0<<CS21) | (0<<CS20);  
TCNT2=0x00;  
OCR2=0x00;
```

```
// Timer(s)/Counter(s) Interrupt(s) initialization  
TIMSK=(0<<OCIE2) | (0<<TOIE2) | (0<<TICIE1) | (0<<OCIE1A) | (0<<OCIE1B) |  
(0<<TOIE1) | (0<<OCIE0) | (1<<TOIE0);
```

```
// External Interrupt(s) initialization  
// INT0: Off  
// INT1: Off  
// INT2: Off  
MCUCR=(0<<ISC11) | (0<<ISC10) | (0<<ISC01) | (0<<ISC00);  
MCUCSR=(0<<ISC2);
```

```

// USART initialization
// Communication Parameters: 8 Data, 1 Stop, No Parity
// USART Receiver: On
// USART Transmitter: On
// USART Mode: Asynchronous
// USART Baud Rate: 9600
UCSRA=(0<<RXC) | (0<<TXC) | (0<<UDRE) | (0<<FE) | (0<<DOR) | (0<<UPE) |
(0<<U2X) | (0<<MPCM);
UCSRB=(1<<RXCIE) | (0<<TXCIE) | (0<<UDRIE) | (1<<RXEN) | (1<<TXEN) |
(0<<UCSZ2) | (0<<RXB8) | (0<<TXB8);
UCSRC=(1<<URSEL) | (0<<UMSEL) | (0<<UPM1) | (0<<UPM0) | (0<<USBS) |
(1<<UCSZ1) | (1<<UCSZ0) | (0<<UCPOL);
UBRRH=0x00;
UBRRL=0x33;

// Analog Comparator initialization
// Analog Comparator: Off
// The Analog Comparator's positive input is
// connected to the AIN0 pin
// The Analog Comparator's negative input is
// connected to the AIN1 pin
ACSR=(1<<ACD) | (0<<ACBG) | (0<<ACO) | (0<<ACI) | (0<<ACIE) | (0<<ACIC) |
(0<<ACIS1) | (0<<ACIS0);
SFIOR=(0<<ACME);

// ADC initialization
// ADC disabled
ADCSRA=(0<<ADEN) | (0<<ADSC) | (0<<ADATE) | (0<<ADIF) | (0<<ADIE) |
(0<<ADPS2) | (0<<ADPS1) | (0<<ADPS0);

// SPI initialization
// SPI Type: Master
// SPI Clock Rate: 2764.800 kHz
// SPI Clock Phase: Cycle Start
// SPI Clock Polarity: Low
// SPI Data Order: MSB First
SPCR=(0<<SPIE) | (1<<SPE) | (0<<DORD) | (1<<MSTR) | (0<<CPOL) | (0<<CPHA) |
(0<<SPR1) | (0<<SPR0);
SPSR=(0<<SPI2X);

// TWI initialization
// TWI disabled
TWCR=(0<<TWEA) | (0<<TWSTA) | (0<<TWSTO) | (0<<TWEN) | (0<<TWIE);

// Alphanumeric LCD initialization
// Connections are specified in the
// Project|Configure|C Compiler|Libraries|Alphanumeric LCD menu:
// RS - PORTC Bit 0
// RD - PORTC Bit 1
// EN - PORTC Bit 2

```

```

// D4 - PORTC Bit 4
// D5 - PORTC Bit 5
// D6 - PORTC Bit 6
// D7 - PORTC Bit 7
// Characters/line: 20
lcd_init(20);
lcd_gotoxy(0,0);
lcd_puts("----TUGAS AKHIR----");
lcd_gotoxy(0,1);
lcd_puts("|  PENGOLAHAN  |");
lcd_gotoxy(0,2);
lcd_puts("|  OIL SLUDGE  |");
lcd_gotoxy(0,3);
lcd_puts("-----");

delay_ms(3000);
state=t1;
lcd_clear();
// Global enable interrupts
#asm("sei")

while (1)
{
if(start==1){ //connect PC
//if(start==0){ //untuk monitoring tanpa PC.
// Place your code here
if(ButtonOK==0){flag_set++; delay_ms(1000); set=flag_set%2;} //button OK ditekan
lcd_gotoxy(1,1);
lcd_puts("LEVEL =");
lcd_gotoxy(1,2);
lcd_puts("SUHU R =");
lcd_gotoxy(1,3);
lcd_puts("SUHU C =");
lcd_gotoxy(17,1);
lcd_puts("cm");
lcd_gotoxy(17,2);
sprintf(lcd_buffer1,"%cC",0xDF);
lcd_puts(lcd_buffer1);
lcd_gotoxy(17,3);
sprintf(lcd_buffer1,"%cC",0xDF);
lcd_puts(lcd_buffer1);
lcd_gotoxy(16,3);
lcd_puts(" ");
//=====konfigurasi
setpoint=====
if(set==1){
lcd_gotoxy(0,0);
lcd_puts("-#- SETPOINT -#-");
digit_3(setpoint_ketinggian, 10, 1);
ftoa(setpoint_ketinggian,2,lcd_buffer4);
lcd_puts(lcd_buffer4);

```

```

digit_3(setpoint_suhu1, 10, 2);
ftoa(setpoint_suhu1,2,lcd_buffer2);
lcd_puts(lcd_buffer2);
digit_3(setpoint_suhu2, 10,3);
ftoa(setpoint_suhu2,2,lcd_buffer3);
lcd_puts(lcd_buffer3);
switch(state)
{
    case t1:
        lcd_gotoxy(0,1);lcd_puts(">");
        lcd_gotoxy(0,2);lcd_puts(" ");
        lcd_gotoxy(0,3);lcd_puts(" ");

        if(ButtonUp!=1                                     &&
setpoint_ketinggian<10){setpoint_ketinggian++;delay_ms(300);}
        if(ButtonDown!=1      &&      setpoint_ketinggian>5){ setpoint_ketinggian--
:delay_ms(300);}
        if(ButtonRight!=1){state=s1;delay_ms(1000);}
        break;

    case s1:
        lcd_gotoxy(0,1);lcd_puts(" ");
        lcd_gotoxy(0,2);lcd_puts(">");
        lcd_gotoxy(0,3);lcd_puts(" ");

        if(ButtonUp!=1 && setpoint_suhu1<200){setpoint_suhu1++;delay_ms(300);}
//maks setpoint r =250 (ubah angka)
        if(ButtonDown!=1 && setpoint_suhu1>50){setpoint_suhu1--;delay_ms(300);}
//maks setpoint r =100 (ubah angka)
        if(ButtonRight!=1){state=s2;delay_ms(1000);}
        break;

    case s2:
        lcd_gotoxy(0,1);lcd_puts(" ");
        lcd_gotoxy(0,2);lcd_puts(" ");
        lcd_gotoxy(0,3);lcd_puts(">");

        if(ButtonUp!=1 && setpoint_suhu2<100){setpoint_suhu2++;delay_ms(300);}
        if(ButtonDown!=1 && setpoint_suhu2>20){setpoint_suhu2--;delay_ms(300);}
        if(ButtonRight!=1){state=t1;delay_ms(1000);}
        break;
    }

}

//=====monitoring          suhu          dan
kontrol=====
if(set==0){
    setpoint_suhu1= setpoint_suhu1*50/100;
    setpoint_suhu2= setpoint_suhu2*5/100;
    setpoint_ketinggiann= setpoint_ketinggian*50/100;

```

```

lcd_gotoxy(0,1); lcd_puts(" ");
lcd_gotoxy(0,2); lcd_puts(" ");
lcd_gotoxy(0,3); lcd_puts(" ");
lcd_gotoxy(0,0);
lcd_puts("-#-  ACTUAL  -#-");

//baca sensor suhu1 dan tampil lcd
thermocouple1 = 0;
thermocouple2 = 1;
read_thermocouple();
suhu1=suhu;
digit_3(suhu1, 10, 2);
ftoa(suhu1,2,lcd_buffer2);
lcd_puts(lcd_buffer2);

//baca sensor suhu2 dan tampil lcd
thermocouple1 = 1;
thermocouple2 = 0;
read_thermocouple();
suhu2=suhu+1.8; //kalibrasi suhu2
digit_3(suhu2, 10, 3);
ftoa(suhu2,2,lcd_buffer3);
lcd_puts(lcd_buffer3);

//baca sensor ketinggian dan tampil lcd
read_ultrasonic();
ketinggian1=ketinggian; //kalibrasi ketinggian
if(ketinggian1>1000){}
else{
    if(ketinggian1<=0) ketinggian1=0;
    digit_3(ketinggian1, 10, 1);
    ftoa(ketinggian1,2,lcd_buffer4);
    lcd_puts(lcd_buffer4);
}
//kontrol servo ketinggian
if(ketinggian1 < setpoint_ketinggian){ //kurang dari setpoint
    //buka servo
    servo_ultra = 19;
}

//     else if(ketinggian1 > setpoint_ketinggiann && ketinggian1 <= setpoint_ketinggian)
//     { //ketinggian berada diantara setpoint dan 50% dari setpoint
//         servo_ultra = 19 + (12/((setpoint_ketinggian-setpoint_ketinggiann)/(ketinggian1-
//setpoint_ketinggiann)));
//     }

else
{ //tutup servo
    servo_ultra = 31;
}

```

```

//kontrol servo suhu1
if(suhu1 <= setpoint_suhu1){
    //tutup servo
    servo_ther1 = 24;
}
// else if(suhu1 > setpoint_suhu11 && suhu1 <= setpoint_suhu1)
// { //suhu berada diantara setpoint dan 50% dari setpoint
//     servo_ther1 = 24 - (15/((setpoint_suhu1-setpoint_suhu11)/(suhu1-
setpoint_suhu11)));
// }
// else
// { //buka servo
//     servo_ther1 = 9;
// }
//kontrol servo suhu2
if(suhu2 < (setpoint_suhu2-setpoint_suhu22)){
    //tutup servo
    servo_ther2 = 35;
}

// else if(suhu2 >= (setpoint_suhu2-setpoint_suhu22) && suhu2 <
(setpoint_suhu2+setpoint_suhu22)){
//     //1/2 servo
//     servo_ther2 = 24;
// }
// else if(suhu2 > setpoint_suhu22 && suhu2 <= setpoint_suhu2)
// { //suhu berada diantara setpoint dan 50% dari setpoint
//     servo_ther2 = 26 - (7/((setpoint_suhu2-setpoint_suhu22)/(suhu2-
setpoint_suhu22)));
// }
// else
// {
//     //buka servo
//     servo_ther2 = 19;//
// }
//=====tampil ke PC=====
printf("%s",lcd_buffer2);
putchar(',');
printf("%s",lcd_buffer3);
putchar(',');
printf("%s",lcd_buffer4);
putchar(',');
ftoa(setpoint_suhu1,2,cetak_s1);
printf("%s",cetak_s1);
putchar(',');
ftoa(setpoint_suhu2,2,cetak_s2);
printf("%s",cetak_s2);
putchar(',');
ftoa(setpoint_ketinggian,2,cetak_s3);
printf("%s",cetak_s3);

```

```
    putchar(13);  
    putchar(10);  
    //=====  
}  
}  
else{lcd_clear(); lcd_gotoxy(0,0); lcd_putsf("Connect PC");}  
}  
}
```


BIODATA PENULIS



Penulis dilahirkan di Gresik pada tanggal 2 Nopember 1995. Merupakan anak pertama dari 2 bersaudara. Penulis telah menyelesaikan studi di SDN Kwaron 2 Jombang, SMP Negeri 2 Jombang dan SMA 2 Jombang kemudian melanjutkan kuliah di Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS), Departemen Teknik Instrumentasi, Program Studi D3 Teknik Instrumentasi pada tahun 2014. Bidang minat yang ditekuni yaitu Instrumentasi. Pengalaman magang (*on job training* / kerja praktek) di PT. PJB UP Gresik, Jawa Timur dengan judul : Sistem Pengendalian Level pada Steam Drum Boiler Unit Pembangkit 1 dan 2 PT. PJB UP Gresik, Jawa Timur.. Software yang ditekuni dalam bidang minat yaitu: VMWare Workstation (untuk DCS), Autocad (Untuk menggambar teknik), LogicPro, Zelio soft, dan Logo soft (Untuk PLC), CodeVisionAVR (Untuk Mikrokontroler). Aktif dalam kepanitiaan di dalam maupun di luar kampus.

Motto hidup: Hidup Mulia atau Mati Syahid

Email : lisnamaharani@gmail.com
No.HP : 085790422341